GH. POSTELNICU A. BÂRZESCU

ECHIPAMENT ELECTRIC PENTRU AUTOVEHICULE

ECHIPAMENT ELECTRIC PENTRU AUTOVEHICULE

Ing. GHEORGHE POSTELNICU * Ing. ALEXANDRU BÂRZESCU

ECHIPAMENT ELECTRIC PENTRU AUTOVEHICULE

EDITURA TEHNICĂ
BUCUREȘTI

Lucrarea prezintă caracteristicile constructive și funcționale, parametrii și domeniile de utilizare ale echipamentului electric al automobilelor și al tractoarelor, cu referire atît la produsele noi, cît și la cele aflate în exploatare. Se dau indicații privind exploatarea, reglarea, întreținerea, metodele de încercare și verificare ale echipamentului, cum și criteriile de alegere și adaptare a acestuia la autovehicule, pe baza unor clasificări comparative.

Cartea se adresează inginerilor și tehnicienilor proiectanți și constructori de autovehicule, celor care lucrează în atelierele de întreținere și reparare a acestora, cum și celor care utilizează echipamentul electric pe autovehicule.

Control științific: ing. VIRGIL RAICU
Redactor: ing. PAULINA DUMITRESCU
Tehnoredactor: MARIA IONESCU
Coperta: NICOLAE NICOLAEV

ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE POUR AUTOVÉHICULES

L'ouvrage fournit une présentation unitaire des problèmes fondamentaux soulevés par l'équipement électrique, classique et moderne, installé sur les autovéhicules et notamment : description, fonctionnement, caractéristiques et essais, avec un accent particulier sur les bases théoriques qui régissent son fonctionnement et utilisation. Il fournit également les notions d'ordre général sur la classification des produits faisant partie de l'équipement électrique, sur les conditions techniques requises et essais, ainsi que sur leur durée de service.

Les produits sont groupés par systèmes suivant leur rôle opérationnel, à savoir : systèmes d'alimentation, de démarrage, d'allumage, d'éclairage et signalisation, de mesure et contrôle, de machines et appareils auxiliaires. Pour montrer l'importance de l'étude des relations existant entre les caractéristiques des produits faisant partie des mêmes systèmes opérationnels et la dépendence de ces derniers de caractéristiques du moteur — donc de l'autovéhicule —, on rappelle les problèmes principaux soulevés par l'adaptation et le choix des produits compte tenu des caractéristiques du moteur et donc l'autovéhicule.

Chaque composante électrique est traitée après avoir montré au préalable les conditions qu'elles doivent remplir. On souligne notamment les particularités des composantes électriques propres aux autovéhicules et qui diffèrent de celles des machines et appareils électriques classiques.

Les composantes électriques modernes, telles que les alternateurs, relais électroniques régulateurs et appareils électroniques d'allumage font l'objet d'une description détaillée courrant : la classification, les caractéristiques, la construction et les essais.

Une attention particulière est accordée à la présentation théorique et pratique des systèmes de signalisation, mesure et contrôle, et des machines et appareils auxiliaires.

En fin du livre, le lecteur trouvera aussi des indications sur l'exploitation, le réglage et l'entretien de l'équipement pour autovéhicules.

L'ouvrage est écrit surtout à l'intention des ingénieurs et techniques de l'industrie d'automobile, des stations service-réparations, mais il peut servir tout aussi bien aux étudiants, ainsi qu'à tous ceux qui utilisent l'équipement électrique pour autovéhicules.

MOTOR CAR ELECTRIC FACILITIES

The author gives a description of basic problems raised by classic and modern electric facilities for motor cars, including their operation, characteristics and test, with a particular stress laid on the theoretic basis governing their operation and use. He also supplies elemental knowledge on the classification of items which are parts of the electric facilities, on the general tests conducted on these facilities, and on some aspects disclosed by the item service life.

The components are grouped by systems according to their operating functions and namely : feeding and supply systems, starting, ignition, lighting and signalling systems, measuring and control facilities, auxiliary machines and devices. To demonstrate the importance of studying the relations between the characteristics of products pertaining to the same functional systems and of their dependence on the characteristics of the motor — that is the motor car —, the author reviews the major problems raised by the component adapting and choice as a function of engine characteristics, that is, of the motor car characteristics.

Each electric component is considered only after the requirements it should adhere to are first set forth. Particularly outstressed are those characteristics which differ from the ones displayed by classical electric machines and facilities.

Modern electric facilities, among which are to be counted : alternators, electronic controlling relays and ignition electronic devices, are described in any detail in several subsections covering : a classification, characteristics, the structural design and tests.

A particular attention is payed to the theoretic and practical presentation of signalling, measuring and control systems, as well as of auxiliary machines and devices. Recommendations are given on the operation, setting and maintenance of motor car electric facilities.

Although written mainly for motor car engineers and technicians, the book can be use with an equal profit by students and by all users of motor car electric facilities.

ELEKTRISCHE AUSRÜSTUNG FÜR KRAFTFAHRZEUGE

Die Arbeit stellt die konstruktiven und funktionellen Kenndaten und Verwertungsmöglichkeiten elektrischer Ausrüstungen für Kraftfahrzeuge und Traktoren dar u.z.w. sowohl für neuere Erzeugnisse als auch bereits im Betrieb befindliche. Es werden Hinweise für die Verwendung, Regelung und Unterhaltung der Ausrüstungen, sowie für deren Auswahl und Anpassung, auf Grund einer vergleichenden Klassifikation, für verschiedene Kraftfahrzeuge gegeben.

Das Buch wendet sich an Ingenieure und Techniker der Kraftfahrzeugindustrie, denen die in Überwachungs- und Reparaturwerkstätten arbeiten, sowie denen die solche Ausrüstungen in ihren Kraftfahrzeugen verwenden.

Inhaltsverzeichnis: Allgemeinheiten. Zuführungssysteme. Generatoren für kraftfahrzeuge. Reglerrelais. Akkumulatorenbatterien. Anlaß-systeme. Anlasser. Zündsysteme. Batteriezündapparate. Magnetzünder. Zündkerzen. Optische Belenchtungs- und Signalsysteme. Warnungsysteme. Meß- und Überwachungssysteme. Auxiliäre elektrische Ausrüstung. Kraftfahrzeugeleitungsschemas.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

В книге, уделяя особое внимание теоретическому обоснованию, представлены основные вопросы классического и современного электрооборудования автомобилей, включая его описание, работу, характеристики и испытание. Приводятся общие понятия о классификации деталей, входящих в состав электрооборудования, технические условия и общие испытания. Даны некоторые аспекты, касающиеся продолжительности срока службы деталей.

Детали сгруппированы по их рабочему назначению, а именно: системы питания, пуска и зажигания, осветительные и сигнальные системы, контрольно-измерительные системы, вспомогательные машины и аппараты. Указывается важность изучения отношений, существующих между характеристиками деталей, входящих в одну и ту же фукциональную систему, и их зависимости от характеристики двигателя соответствующего автомобиля. С этой точки зрения изложены главные вопросы адаптирования и выбора деталей в зависимости от характеристик двигателя и автомобиля.

Рассмотрение вопросов каждого электрического оборудования в отдельности производится после описания условий, которым оно должно соответствовать. Подчеркиваются особенности деталей электрооборудования автомобилей, отличающихся от деталей классических электрических машин и аппаратов.

Современное электрооборудование на полупроводниках, генераторы, электронные регулирующие реле и электронные приборы зажигания широко рассмотрены в параграфах, в которых дается классификация, характеристики, конструкция и их испытание.

Заслуживает также внимания теоретическое и практическое описание сигнальных, измерительных и контрольных систем оборудования. Даны указания по эксплуатации, регулировки и уходу за автомобильным оборудованием.

Книга предназначена для инженерно-технических работников автомобильной промышленности, станций по обслуживанию и ремонту автомобилей; она может быть также полезной студентам и всем тем, кто пользуется электрооборудованием автомобилей.

PREFAȚĂ

Directivele Congresului al X-lea al Partidului Comunist Român prevăd pentru actualul cincinal, în plină desfășurare, o dezvoltare mai accentuată a transporturilor auto, în vederea satisfacerii cerințelor crescînde de transport pe distanțe scurte, determinate de dezvoltarea întregii economii naționale. Cantitativ această dezvoltare este ilustrată de indicatorii privind creșterea producției de autovehicule stabiliți prin „Legea pentru adoptarea planului cincinal de dezvoltare economico-socială a Republicii Socialiste România pe perioada 1971 — 1975". Conform acestor indicatori producția de autovehicule va crește în 1975, comparativ cu anul 1971, cu 14 — 17% la tractoare, cu 2 — 7% la autocamioane, autobasculante și autotractoare și cu 144 — 168% la autoturisme de oraș.

Sporirea sistematică a nevoilor de transport determină și o creștere a exigenței în ceea ce privește calitatea mijloacelor de transport auto, materializată prin viteză, promptitudine, siguranță în funcționare și confort. Mare parte din aceste calități ale autovehiculului se bazează pe corecta funcționare a echipamentului electric cu care este dotat.

Domeniul construcției de echipament electric auto a fost afectat și el, cum era firesc, de ultimele cuceriri ale științei și tehnicii. Astfel că și în acest domeniu, ca în multe altele, sîntem în pragul adoptării, pe scară largă, a unor soluții cu totul noi în raport cu cele clasice (cum ar fi utilizarea de alternatoare, relee electronice, dispozitive de acționare electrice și electronice). Mărirea gradului de confort al automobilelor, atît pentru conducător cît și pentru pasageri, a făcut necesară pe de altă parte introducerea unei serii de elemente de acționare și de automatizare, cum ar fi instalațiile de spălare a parbrizului, dispozitivul de ridicare a geamurilor, dispozitivul de decapotare, elemente de acționare pentru ambreiaje și comenzi electromagnetice etc. Toate acestea reprezintă consumatori suplimentari de energie care, alături de alte cerințe, cum ar fi îmbunătățirea iluminatului sau pornirile dese, reclamate de circulația în centrele aglomerate, impun mărirea puterii sursei de alimentare cu energie electrică a autovehiculelor. De aceea, s-a impus din ce în ce mai mult soluția alimentării cu ajutorul alternatoarelor, astfel rezolvîndu-se această problemă fără a fi necesară și o creștere a greutății sursei de energie, care s-ar răsfrînge negativ asupra greutății totale a autovehiculului.

În același timp și din ce în ce mai mult și-au făcut loc, în opoziție cu echipamentele electromecanice clasice, alte echipamente noi, utilizînd compo-

nente electronice, cum ar fi sistemele de aprindere, aparatele de măsurat și de control, avertizoarele optice, diferitele echipamente electrice auxiliare de automatizare și telecomandă etc. Toate acestea prezintă avantajul unei fiabilități mărite, al unor posibilități de dereglare minime, precum și al reducerii considerabile a operațiilor de întreținere tehnică. Reținerea unor constructori de automobile privind adoptarea în exclusivitate a unor astfel de soluții este determinată numai de prețul încă ridicat al componentelor electronice, lucru care își va avea însă rezolvarea în viitorul destul de apropiat.

Din aceste motive, în lucrarea de față am rezervat un spațiu destul de larg prezentării principiilor funcționale ale acestor tipuri de echipamente care constituie de pe acum o realitate cu caracter de generalizare. De altfel, și la noi în țară au fost introduse, încă de la începutul anului 1970, atît pe automobile cît și pe tractoare, sisteme de alimentare folosind alternatoare în locul dinamurilor. Alte echipamente de tip nou urmează să fie introduse în fabricație în cursul acestui cincinal.

Autorii au fost preocupați de a prezenta echipamentul electric auto sub o formă unitară, utilizînd clasificări care au la bază principiile funcționale ale produselor. Aceste clasificări au fost făcute în cadrul împărțirii clasice pe sisteme funcționale a elementelor instalației electrice.

În scopul de a veni în sprijinul cadrelor din exploatare, a fost prezentată, sub formă sinoptică, o metodologie de depistare și înlăturare a principalelor defecte ce pot interveni în explotarea elementelor instalației electrice a unui automobil.

În dorința de a prezenta o lucrare cît mai utilă, autorii au folosit, în afara bibliografiei citate, și o bună parte din experiența în construcția echipamentului electric auto, acumulată de ei timp de 20 de ani la uzina „Electro-Precizia", cum și unele elemente din cursul predat la Institutul Politehnic Brașov, în special în capitolele care se referă la echipamentele auto moderne.

Capitolele 1 — 11 au fost elaborate de ing. Gheorghe Postelnicu, iar capitolele 12 — 16 de ing. Alexandru Bârzescu. Pe această cale mulțumim tov. ing. Șerban Cîrsteanu, pentru unele completări aduse lucrării.

AUTORII

CUPRINS

1. Probleme generale 17

1.1. Compunerea şi clasificarea echipamentului electric pentru autovehicule 17
1.2. Condiţii tehnice generale impuse echipamentului electric auto . . 20
1.2.1. Condiţii determinate de influenţa mediului şi de modul de exploatare . . . 21
1.2.2. Condiţii determinate de funcţionarea fiecărui element în ansamblul instalaţiei electrice 22
1.2.3. Condiţii privind durata de funcţionare a echipamentului electric 23

2. Sisteme de alimentare 26

2.1. Clasificarea sistemelor de alimentare 26
2.2. Principalele mărimi caracteristice ale sistemelor de alimentare 28
2.3. Adaptarea sistemelor de alimentare pe autovehicule . 30
2.3.1. Alegerea puterii şi tipului generatorului 30
2.3.2. Alegerea turaţiilor generatorului şi a raportului de transmisie 32
2.3.3. Comparaţia şi alegerea diferitelor tipuri de relee regulatoare. . 34
2.3.4. Mersul în paralel al generatoarelor cu bateriile şi cu consumatorii. 36
2.3.5. Alegerea datelor de funcţionare ale sistemelor de alimentare 39
2.3.6. Verificarea bilanţului energetic . . . 41
2.4. Încercările şi verificările sistemelor de alimentare 42
2.4.1. Utilaje pentru încercarea şi verificarea sistemelor de alimentare 42
2.4.2. Controlul sistemului de alimentare la bordul autovehiculelor 43
2.4.3. Verificările sistemelor de alimentare pe autovehicule 45

3. Generatoare pentru autovehicule 49

3.1. Clasificarea dinamurilor pentru autovehicule 49
3.2. Caracteristicile de funcţionare ale dinamurilor . . . 51
3.3. Construcţia dinamurilor derivaţie pentru autovehicule 55
3.4. Încercările dinamurilor derivaţie pentru autovehicule 57
3.5. Clasificarea alternatoarelor pentru autovehicule 60
3.5.1. Alternatoare cu diferite construcţii ale rotoarelor 61
3.5.2. Alternatoare cu diferite tipuri de redresoare 63
3.5.3. Alternatoare cu diferite scheme de conectare ale excitaţiei 65
3.6. Caracteristicile de funcţionare ale alternatoarelor 67
3.6.1. Caracteristicile diodelor redresoare pentru alternatoare . . 67
3.6.2. Caracteristicile schemelor de redresare pentru alternatoare 71
3.6.3. Regimul de mers în gol al alternatorului 76
3.6.4. Regimul de scurtcircuit al alternatorului . . 79
3.6.5. Regimul de mers în sarcină al alternatorului 81
3.7. Construcţia alternatoarelor pentru autovehicule 82
3.8. Încercările şi exploatarea alternatoarelor pentru autovehicule . . . 87

4. Relee regulatoare 89
4.1. Relee regulatoare cu contacte 89
4.1.1. Descrierea şi clasificarea releelor regulatoare cu contacte 89
4.1.1.1. Relee regulatoare combinate 92
4.1.1.2. Relee regulatoare cu diferite moduri de mărire a frecvenţei de reglare 94
4.1.1.3. Relee regulatoare cu diferite moduri de compensare termică. 97
4.1.1.4. Relee regulatoare cu contacte pentru alternatoare . . 98
4.1.2. Caracteristicile de funcţionare ale releelor regulatoare cu contacte 99
4.1.2.1. Caracteristicile regulatoarelor de tensiune 100
4.1.2.2. Caracteristicile regulatoarelor de curent . 109
4.1.2.3. Caracteristicile conjunctor-disjunctoarelor . 111
4.1.3. Construcţia releelor regulatoare cu contacte 113
4.1.4. Încercările şi exploatarea releelor regulatoare cu contacte 122
4.2. Relee regulatoare electronice . . 125
4.2.1. Clasificarea releelor regulatoare electronice 125
4.2.1.1. Relee regulatoare parţial electronice pentru dinamuri 125
4.2.1.2. Relee regulatoare electronice pentru alternatoare . . 128
4.2.2. Caracteristicile de funcţionare ale releelor regulatoare electronice . . 132
4.2.2.1. Caracteristicile semiconductoarelor pentru relee regulatoare electronice 132
4.2.2.2. Caracteristicile releelor regulatoare electronice 136
4.2.3. Construcţia releelor regulatoare electronice 138
4.2.4. Încercările releelor regulatoare electronice 145

5. Baterii de acumulatoare . 145
5.1. Clasificarea bateriilor de acumulatoare . 145
5.2. Caracteristicile acumulatoarelor cu plumb . . 148
5.3. Construcţia bateriilor de acumulatoare cu plumb 155
5.4. Încercările şi exploatarea bateriilor de acumulatoare 158

6. Sisteme de pornire 161
6.1. Clasificarea sistemelor de pornire electrică . . . 161
6.2. Mărimi caracteristice principale ale sistemelor de pornire 165
6.3. Adaptarea sistemelor de pornire pe autovehicule 167
6.3.1. Factorii care influenţează turaţia şi cuplul de pornire al motoarelor 167
6.3.2. Determinarea cuplului şi turaţiei de pornire 169
6.3.3. Alegerea demarorului şi raportului de transmisie la demaror 172
6.3.4. Alegerea bateriei şi conductelor de alimentare a demarorului 174
6.4. Încercările şi verificările sistemelor de pornire 176
6.4.1. Utilaje pentru încercarea şi verificarea sistemelor de pornire . 176
6.4.2. Verificarea sistemelor de pornire pe motor şi pe autovehicul 177

7. Demaroare . 180
7.1. Clasificarea demaroarelor electrice pentru autovehicule. 180
7.1.1. Demaroare cu cuplare prin inerţie 182
7.1.2. Demaroare cu cuplare forţată 182
7.1.3. Demaroare cu cuplare electromagnetică 188
7.2. Caracteristicile de funcţionare ale demaroarelor . 190
7.3. Construcţia demaroarelor . . 195
7.4. Încercările şi exploatarea demaroarelor 198

8. Sisteme de aprindere 203

8.1. Clasificarea şi funcţionarea sistemelor de aprindere 203
8.1.1. Clasificarea sistemelor de aprindere 203
8.1.2. Descărcarea electrică în spaţiul gazos dintre doi electrozi 206

8.2. Mărimi caracteristice principale ale sistemelor de aprindere 208
8.3. Adaptarea sistemelor de aprindere pe autovehicule 210
8.3.1. Aprinderea amestecului de combustibil la motoarele cu carburator. 210
8.3.2. Influența factorilor externi asupra unghiului optim de avans 212
8.3.3. Influența factorilor externi asupra tensiunii de străpungere 213
8.3.4. Energia minimă necesară pentru aprinderea amestecului de combustibil 215
8.3.5. Determinarea caracteristicilor de avans ale motoarelor . . 216
8.3.6. Alegerea raportului de transmisie la aparatele de aprindere 217
8.3.7. Antiparazitarea sistemelor de aprindere 218
8.4. Încercările și verificările sistemelor de aprindere 219
8.4.1. Utilaje pentru încercarea și verificarea sistemelor de aprindere . 219
8.4.2. Verificările sistemelor de aprindere pe autovehicule 226

9. Aparate de aprindere de la baterie 229

9.1. Aparate de aprindere clasice 229
9.1.1. Descrierea și clasificarea aparatelor de aprindere de la baterie. Principiul de funcționare 229
9.1.1.1. Aparatele de aprindere cu dispozitive întreruptoare și distribuitoare 231
9.1.1.2. Aparatele de aprindere cu dispozitive întreruptoare fără distribuitoare 232
9.1.2. Reglarea avansului la aprindere 233
9.1.2.1. Reglarea manuală a unghiului de avans al aprinderii 233
9.1.2.2. Regulatorul de avans centrifugal . . 234
9.1.2.3. Regulatorul de avans prin depresiune 235
9.1.2.4. Regulatorul de avans universal prin depresiune 236
9.1.3. Caracteristicile de funcționare ale sistemelor de aprindere de la baterie 237
9.1.3.1. Procese legate de închiderea contactelor și creșterea curentului primar 238
9.1.3.2. Procese legate de deschiderea contactelor și creșterea tensiunii secundare 243
9.1.3.3. Străpungerea spațiului dintre electrozi și procesele de descărcare 248
9.1.3.4. Caracteristica de lucru a sistemului de aprindere de la baterie 250
9.1.4. Construcția aparatelor de aprindere de la baterie 250
9.1.4.1. Construcția bobinelor de aprindere 250
9.1.4.2. Construcția ruptor-distribuitoarelor de aprindere 253
9.1.5. Încercările aparatelor de aprindere de la baterie 258
9.2. Aparate de aprindere electronice 259
9.2.1. Descrierea și clasificarea aparatelor de aprindere electronice. Principiul de funcționare 259
9.2.1.1. Sistemele electronice de aprindere cu contacte având acumulare de energie inductivă 260
9.2.1.2. Sistemele electronice de aprindere cu contacte având acumulare de energie capacitivă. 264
9.2.1.3. Sistemele electronice de aprindere fără contacte. Generatoare de impulsuri 266
9.2.1.4. Sistemele electronice de aprindere fără contacte cu acumulare de energie inductivă 268
9.2.2. Caracteristicile de funcționare ale aparatelor de aprindere electronice cu contacte 270
9.2.2.1. Funcționarea tranzistoarelor în regim de comutație 271
9.2.2.2. Procese desfășurate în circuitul primar după închiderea contactelor ruptorului 272
9.2.2.3. Procese tranzitorii după deschiderea contactelor ruptorului . . . 275
9.2.2.4. Străpungerea intervalului dintre electrozi și procesele de descărcare 281

9.2.3. Construcţia aparatelor de aprindere electronice cu contacte 281
9.2.3.1. Ruptor-distribuitorul de aprindere. 282
9.2.3.2. Bobina de aprindere . . . 282
9.2.3.3. Blocul electronic de aprindere. 283
9.2.3.4. Scheme pentru blocarea activă . . . 285
9.2.3.5. Scheme de protecţie împotriva supratensiunilor . . . 286
9.2.3.6. Exemple de sisteme de aprindere electronice cu contacte. 289

10. Magnetouri

10.1. Descrierea şi clasificarea magnetourilor. Principiul de funcţionare . . . 292
10.1.1. Magnetouri cu diferite moduri de producere a variaţiei fluxului magnetic . . . 293
10.1.2. Magnetouri cu diferite numere de scîntei la o rotaţie 295
10.1.3. Magnetouri verticale . . . 295
10.1.4. Magnetouri cu reglare automată a avansului . 295
10.1.5. Magnetouri cu acceleratoare de pornire 296
10.1.6. Magnetouri volante . . . 297
10.2. Caracteristicile de funcţionare ale sistemelor de aprindere cu magnetou 298
10.2.1. Regimul de mers în gol . . . 299
10.2.2. Regimul de scurtcircuit permanent . . . 304
10.2.3. Procese legate de închiderea contactelor şi creşterea curentului primar, corespunzătoare regimului de scurtcircuit brusc . . . 306
10.2.4. Procese legate de deschiderea contactelor şi creşterea tensiunii secundare . . . 309
10.2.5. Străpungerea spaţiului dintre electrozi şi procesele de descărcare 310
10.2.6. Caracteristica de lucru a magnetoului 311
10.3. Construcţia magnetourilor . 312
10.4. Încercările magnetourilor 316

11. Bujii 317

11.1. Clasificarea bujiilor pentru aprindere prin scînteie 317
11.2. Solicitările şi caracteristicile bujiilor . . . 319
11.2.1. Regimul termodinamic şi caracteristicile termice ale bujiilor 319
11.2.2. Solicitările electrice . . . 321
11.2.3. Solicitările mecanice şi chimice 322
11.3. Construcţia bujiilor 323
11.4. Încercările bujiilor . . . 327
11.5. Alegerea şi exploatarea bujiilor 328

12. Sistemul de iluminat şi semnalizare optică 331

12.1. Consideraţii generale . . . 331
12.2. Principalele caracteristici ale surselor de iluminat . 332
12.3. Surse primare de iluminat utilizate în tehnica auto 337
12.4. Faruri . . . 342
12.4.1. Construcţia şi clasificarea farurilor 345
12.4.2. Reglarea farurilor . . . 349
12.4.3. Măsurări făcute asupra farurilor. . . . 352
12.5. Lămpile pentru iluminatul exterior şi semnalizare 353
12.6. Lămpile de iluminat interior. 354

13. Sistemul de avertizare 356

13.1. Consideraţii generale 356
13.2. Avertizoare sonore . . . 357

13.3. Elemente acustice . . 358
13.3.1. Oscilatoare mecanice 358
13.3.2. Radiatoare acustice 358
13.3.3. Tuburi sonore 359
13.3.4. Ghiduri de sunet (pîlnii) 360
13.3.5. Pistonul radiant 362
13.4. Teoria şi construcţia avertizoarelor acustice auto 365
13.4.1. Avertizoare mecanice. . 365
13.4.2. Avertizoare electromagnetice 365
13.4.3. Avertizoare pneumatice 372
13.4.4. Caracteristicile sunetului emis de avertizoarele sonore 373
13.4.5. Semnale complexe date de mai multe avertizoare sonore (duet, terţet etc.) 374
13.4.6. Probleme privind construcţia şi execuţia avertizoarelor 376
13.5. Elemente de avertizare optică 376
13.5.1. Avertizoare optice de direcţie termoelectromagnetice cu fir rezistiv 376
13.5.2. Teoria şi construcţia avertizoarelor de direcţie termoelectromagnetice 377
13.5.3. Avertizoare optice de direcţie electrotermice cu lamă bimetalică 382
13.5.4. Avertizoare optice de direcţie electronice. 383
13.5.5. Avertizoare optice cu acţionare hidraulică, pneumatică şi mecanică 384

14. Sisteme de măsurare şi de control 386

14.1. Consideraţii generale 386
14.2. Elemente funcţionale ale autovehiculului, controlate de sistemul de măsurare 387
14.3. Clasificarea aparatelor de măsurare şi de control după tipul (principiul) constructiv 392
14.4. Principalele caracteristici ale sistemelor de măsurare 394
14.4.1. Aparate magnetoelectrice (cu cadru mobil) 394
14.4.2. Aparate electromagnetice 394
14.4.3. Aparate termoelectrice auto (cu bimetal) 396
14.4.4. Traductoare de tip cu impuls 399
14.4.5. Traductoare cu rezistenţă variabilă (rezistive) 404
14.4.6. Aparate indicatoare auto de tip logometric 409
14.4.7. Aparate bazate pe principiul cuplajelor magnetice (magnetodinamice) 412
14.4.8. Aparate de măsurat auto cu generator tahometric 421
14.4.9. Aparate electronice pentru autovehicule 424
14.5. Consideraţii privind construcţia aparatelor indicatoare de bord 426
14.6. Elemente sesizoare de alertă 430
14.6.1. Sesizoare cu acţionare electromagnetică . . . 430
14.6.2. Sesizoare cu acţionare termică (termocontacte) 431
14.6.3. Sesizoare cu acţionare magnetică . 432
14.6.4. Sesizoare cu acţionare mecanică 433

15. Echipament electric auxiliar 434

15.1. Consideraţii generale . 434
15.2. Servomotoare 435
15.2.1. Ştergătoare de parbriz 436
15.2.2. Servomotoare pentru sistemul de încălzire 437
15.2.3. Servoelectropompe 438
15.2.4. Servomotoare pentru acţionarea automată a geamurilor, uşilor, capotelor . . . 438
15.3. Mecanisme electromagnetice 439
15.3.1. Servomecanisme auto bazate pe principiul cuplajelor electromagnetice 439
15.3.2. Servomecanisme cu electromagneţi care exercită forţe de apăsare . 441
15.3.3. Servomecanisme electromagnetice care realizează mişcări rectilinii alternative 449

15.4. Întreruptoare . . . 449
15.4.1. Clasificarea întreruptoarelor 451

16. Schemele instalaţiilor electrice ale autovehiculelor 464

16.1. Schemele electrice ale autovehiculelor. Probleme generale . . . 464
16.2. Probleme privind întreţinerea şi repararea instalaţiilor electrice de pe autovehicule 466

Anexe 485

Bibliografie 487

1. PROBLEME GENERALE

1.1. COMPUNEREA ŞI CLASIFICAREA ECHIPAMENTULUI ELECTRIC PENTRU AUTOVEHICULE

Echipamentul electric pentru autovehicule cuprinde totalitatea aparatelor şi maşinilor electrice montate pe autovehicule, avînd drept scop : asigurarea funcţionării motorului (echipamentul pentru motor), mărirea siguranţei în circulaţie şi a gradului de confort în timpul conducerii şi transportului (restul echipamentului). După funcţiunile îndeplinite, echipamentul electric se împarte în grupe de aparate sau maşini care poartă numele de *sisteme*. Menţionăm că împărţirea echipamentului electric în diferite sisteme este convenţională, întrucît există unele produse care îndeplinesc funcţiuni în cadrul unor sisteme diferite (spre exemplu dinamul-demaror etc.).

Echipamentul pentru motor are importanţă deosebită întrucît condiţionează în acelaşi timp funcţionarea autovehiculului în ansamblu. Din acest echipament fac parte : sistemele de alimentare, de pornire şi de aprindere.

Sistemele de alimentare furnizează energia electrică necesară consumatorilor de pe autovehicule. De obicei se folosesc sisteme de alimentare în curent continuu la 6, 12 sau 24 V, care cuprind un generator electric antrenat de motorul autovehiculului, un releu regulator şi o baterie de acumulatoare. Generatorul electric, care poate fi un dinam sau un alternator cu redresor inclus, serveşte pentru alimentarea bateriei şi a consumatorilor, în timp ce bateria asigură energia electrică necesară în timpul staţionării şi pornirii autovehiculului, precum şi în cazul eventualelor supra-sarcini. Releul regulator serveşte pentru reglarea tensiunii şi în unele cazuri (spre exemplu la dinamuri) pentru limitarea curentului şi pentru întreruperea circuitului între generator şi baterie în timpul în care motorul este oprit. În prezent alternatoarele cu redresor încep să fie din ce în ce mai răspîndite, datorită avantajelor pe care le prezintă în ce priveşte caracteristicile şi durata lor de funcţionare.

Sistemele de alimentare în curent alternativ se folosesc rar doar pe unele tractoare, motorete etc., deoarece neavînd baterie nu asigură alimen-

tarea cu energie electrică decît în timpul funcţionării motorului. În schimb aceste sisteme prezintă avantajul că sînt simple şi mai robuste, generatoarele respective avînd rotoare cu magnet permanent fără inele colectoare.

Există şi sisteme de alimentare mixte, funcţionînd parţial în curent continuu şi parţial în curent alternativ. Spre exemplu pe unele autobuze cu alternator şi redresor există o parte a instalaţiei electrice în curent continuu legată la baterie şi o parte a instalaţiei electrice în curent alternativ legată la înfăşurările de curent alternativ ale alternatorului, ceea ce permite utilizarea iluminatului fluorescent pe autovehiculele respective.

Sistemele de pornire servesc la pornirea motoarelor cu combustie internă. Pornirea se realizează de către un demaror electric, care în afară de motorul electric cuprinde un dispozitiv pentru cuplarea şi decuplarea pinionului demarorului cu roata dinţată a volantului motorului. Alimentarea demarorului de la baterie se face cu ajutorul unui întrerupător de pornire sau unui comutator, direct sau prin intermediul unui releu de pornire. Demaroarele obişnuite pot fi *cu cuplare prin inerţie, cu cuplare forţată* sau *cu cuplare electromagnetică* (v. §. 7. 1.). Demaroarele cu cuplare prin inerţie sînt cele mai simple, dar nu se folosesc decît pentru puteri relativ mici, în timp ce demaroarele electromagnetice sînt indicate pentru puteri mari. Tendinţa actuală este de a se folosi din ce în ce mai mult demaroarele cu cuplare forţată.

Există şi sisteme de pornire speciale dintre care amintim *sistemele cu două demaroare în paralel, sisteme cu baterii conectate serie-paralel, demaroare pendulare* şi *demaroare cu inerţie* care pot asigura pornirea în condiţii mai grele.

Sistemele de aprindere produc la momente bine determinate, scînteile electrice necesare aprinderii amestecului combustibil din cilindrii motoarelor cu electroaprindere (cu carburator). Cele mai răspîndite sînt sistemele de aprindere de la baterie care cuprind cîte o bobină de aprindere şi un ruptor distribuitor de aprindere (v. §. 9.1). Bobina serveşte pentru producerea înaltei tensiuni, în timp ce ruptor-distribuitorul are rolul de a întrerupe periodic circuitul primar de joasă tensiune al bobinei şi de a distribui înalta tensiune din circuitul secundar la bujiile montate în cilindrii motorului. În ultimul timp în locul acestor sisteme clasice au început să se utilizeze şi sisteme de aprindere electronice, care cuprind în plus un bloc electronic conectat între bobină şi ruptor-distribuitorul de aprindere, în scopul de a îmbunătăţi caracteristicile sistemelor.

Pe autovehicule fără baterii de acumulatoare se folosesc sisteme de aprindere cu magnetou. Magnetoul cuprinde atît generatorul electric cu bobina de aprindere cît şi dispozitivele pentru întreruperea curentului din circuitul primar al bobinei şi pentru distribuţia tensiunii înalte din circuitul secundar. Spre deosebire de sistemele de aprindere de la bateria clasică, care asigură performanţele cele mai bune la turaţii mici, sistemele de aprindere de la magnetou se pretează pentru turaţii mari. Sistemele

de aprindere electronice pot asigura funcţionarea bună în întregul domeniu de turaţii şi în acelaşi timp au o durată de funcţionare ridicată.

În cazul motoarelor cu autoaprindere (fără carburator) se utilizează uneori instalaţii cu bujii incandescente pentru preîncălzirea amestecului combustibil la pornire. În ultimul timp au început să se producă şi instalaţii cu injecţie comandate electronic.

Restul echipamentului electric de pe autovehicule completează echipamentul pentru motor, contribuind la siguranţa în circulaţie, prevenirea accidentelor şi la comoditatea în timpul conducerii şi transportului cu autovehiculul. Dintre sistemele care compun acest echipament fac parte: sistemele de măsurare şi control, sistemele de iluminat şi semnalizare optică, sistemele de avertizare, aparatele şi maşinile auxiliare.

Sistemele de iluminat şi semnalizare optică au rolul de a asigura iluminarea drumului pentru mersul autovehiculului în timpul cît este întuneric (noaptea sau pe ceaţă), de a semnala prezenţa acestuia şi de a arăta intenţia de efectuare a anumitor manevre (depăşiri etc.). De asemenea asigură iluminatul interior şi semnalizarea optică la bordul autovehiculului.

Dintre corpurile de iluminat şi semnalizare arătăm pentru exteriorul autovehiculului : farurile principale, farurile proiectoare, farurile pentru ceaţă, lămpile de poziţie, lămpile pentru stop şi număr, lămpile pentru mers înapoi, lămpile de semnalizare a direcţiei şi lampa pentru remorcă; iar pentru interiorul autovehiculelor lămpile pentru plafonieră şi colţuri, lămpile pentru iluminat la bord, lămpile pentru semnalizare la bord, lampa portativă etc.

În general pentru iluminat se folosesc becuri cu filament, în balon de sticlă, iar pentru puteri mici în tub de sticlă (sofit). În ultimul timp au început să se folosească lămpi far şi lămpi cu iod care asigură performanţe superioare.

Sistemele de avertizare cuprind aparate care produc semnale optice sau acustice pentru a atrage atenţia asupra unei operaţii sau acţiuni înainte de a se produce, pentru a evita un pericol.

Sistemul de avertizare optică cuprinde în afară de corpurile de iluminat arătate mai sus, diferite aparate între care arătăm dispozitive de semnalizare pentru schimbarea direcţiei şi diferite întreruptoare speciale (pentru stop, pentru mers înapoi etc.).

Sistemul de avertizare acustică cuprinde claxoanele respectiv sirenele cu tonalitate variabilă, alimentate direct de la baterie sau prin relee intermediare.

Sistemele de măsurare şi control servesc pentru măsurarea şi controlul diferiţilor parametri ai funcţionării motorului şi autovehiculului. De obicei se folosesc următoarele aparate de măsurat : ampermetrul pentru curentul de încărcare sau descărcare a bateriei de acumulatoare, voltmetru pentru tensiunea bateriei, termometrul pentru temperatura apei din circuitul de răcire, manometrul pentru presiunea uleiului din circuitul de ungere, litrometrul pentru nivelul combustibilului din rezervor, vitezometrul

pentru viteza de deplasare a autovehicolului respectiv tahometrul pentru viteza de rotire a motorului. Unele din aceste aparate cum ar fi termometrul, manometrul și litrometrul cuprind cîte două aparate : un transmițător-emițător montat la locul de măsurare și un indicator receptor montat la bord (de obicei într-un tablou cu instrumente).

De asemenea se mai folosesc pentru control diferite avertizoare care determină aprinderea sau stingerea unui bec atunci cînd parametrul de măsurat (curentul, temperatura, presiunea sau nivelul) atinge o anumită valoare. Există tendința de a se folosi aparate combinate, care asigură atît măsurarea cît și avertizarea.

Aparatele și mașinile auxiliare îndeplinesc diferite roluri în scopul ușurării conducerii autovehiculului și măririi gradului de confort.

Pentru asigurarea vizibilității necesare la conducere se folosesc ștergătoare de parbriz, electropompe pentru spălat geamul și aparate pentru dezgheț. Asigurarea unei temperaturi convenabile în interiorul autovehiculului se face cu ajutorul instalației pentru condiționarea aerului.

Aparatele și mașinile electrice au început să fie utilizate și pentru diferite alte acționări. Așa sînt : ventilatorul cu funcționare intermitentă pentru răcirea motorului, pompa electrică pentru benzină, frînele electromagnetice, ambreiajele electromagnetice etc.

Unele produse montate pe autovehicul caută să mărească gradul de confort ca de exemplu : radioul, ceasul electric, bricheta electrică, frigiderul electric etc.

Există tendința să se extindă mașinile și aparatele auxiliare în special pentru acționarea electică și automatizarea diferitelor comenzi de pe autovehicule.

Instalația pentru distribuirea energiei electrice. Diferitele sisteme arătate mai sus cuprind o serie de elemente asemănătoare, care fac parte din instalația de distribuire a energiei electrice. Între acestea amintim aparatele de conectare (de exemplu : comutatorul de contact, întreruptorul de pornire, comutatorul central, schimbătorul de faze, întreruptorul pentru semnalizarea direcției, întreruptorul pentru claxon etc.), siguranțele și piesele de legătură.

Cablajul autovehiculelor se împarte în cablaj pentru joasă tensiune și cablaj pentru înaltă tensiune. La rîndul lor conductele pentru joasă tensiune și diferitele piese terminale (papuci, fișe etc.) diferă în funcție de intensitatea curentului care trece prin ele. Conductele de înaltă tensiune se utilizează în circuitele de aprindere și au o construcție diferită pentru sistemele antiparazite, față de cele normale.

1.2. CONDIȚIILE TEHNICE GENERALE IMPUSE ECHIPAMENTULUI ELECTRIC AUTO

Spre deosebire de alte produse electrotehnice utilizate în instalații stabile, echipamentul electric pentru autovehicule trebuie să facă față unor solicitări deosebite,care depind atît de influența mediului și a modului

de exploatare, cît și de funcționarea aparatelor în ansamblul instalației electrice de pe autovehiculul respectiv. Ca urmare, este util să cunoaștem aceste condiții din exploatare și condițiile stabilite pentru încercări.

1.2.1. CONDIȚII DETERMINATE DE INFLUENȚA MEDIULUI ȘI DE MODUL DE EXPLOATARE

În funcție de climatul regiunii și de modul de exploatare, aparatele trebuie să corespundă la diferite condiții în ce privește funcționarea la variații de temperatură, la umezeală, la praf, la influența radiațiilor solare, la solicitări mecanice. Acești factori acționează asupra echipamentului atît în timpul funcționării cît și atunci cînd produsele sînt în repaus.

Temperatura ambiantă normală pentru funcționarea echipamentului electric se consideră 20 ± 5°C (uneori 25 ± 5°C). La locul de montare al aparatelor pe autovehicul, temperatura este diferită în funcție de radiațiile solare, radiațiile motorului și condițiile de ventilație. Se admite pentru spațiul motorului o temperatură maximă de 80...95°C, pentru spațiul pasagerilor maximum 65°C, iar pentru spațiul exterior—maximum 45°C. În ceea ce privește temperaturile scăzute se prescrie în general ca produsele să funcționeze sigur pînă la —20°C și să funcționeze limitat pînă la —40°C, cu excepția pornirilor (care de obicei la autocamioane se asigură la —15°C, iar la tractoare la — 5°C).

Umiditatea relativă în timpul exploatării echipamentului electric al autovehiculelor este cuprinsă între 10% și 80%. Încercările echipamentului electric în higrostat se fac de obicei la umiditate 95 ± 3% după care se verifică rezistența de izolație și dacă este cazul capacitatea de funcționare.

Pentru aparatele destinate regiunilor cu climat tropical umed, respectiv tropical uscat se asigură funcționarea și se prevăd încercări la acțiunea căldurii umede, ceață salină, mucegaiuri, microorganisme și radiații solare.

Protecția împotriva pătrunderii corpurilor străine. În funcție de locul de amplasare pe autovehicul și de categoria de exploatare a drumurilor, echipamentului electric este mai mult sau mai puțin expus la pătrunderea corpurilor străine în special a prafului, noroiului și a apei.

În construcția echipamentului electric al autovehiculelor sînt cunoscute diferite execuții în ceea ce privește modul de protecție. Execuția deschisă se întîlnește la unele piese sau subansamble simple, spre exemplu la regletele de legătură și bornele unor aparate. Dintre produsele cu execuție protejată fac parte în general dinamurile și alternatoarele, care avînd scuturile găurite permit o răcire mai bună prin ventilație. La produsele la care nu se permite pătrunderea corpurilor străine, pentru a nu influența funcționarea unor elemente componente ca rulmenți, contacte etc., se utilizează execuția închisă, dacă produsele lucrează în locuri acoperite

(de exemplu sub capotă) şi execuţia etanşă dacă produsele sînt expuse direct agenţilor externi. Tipurile de protecţie sînt standardizate.

Din punct de vedere al *solicitărilor mecanice* produsele montate pe motor sînt mai solicitate decît cele montate pe caroserie. Verificarea comportării la vibraţii a produselor se face fie la frecvenţă fixă apropiată de frecvenţă de rezonanţă de pe autovehicul, fie la frecvenţă variabilă. Încercările la şocuri se fac în general cu frecvenţe mici şi amplitudini mari.

1.2.2. CONDIŢII DETERMINATE DE FUNCŢIONAREA FIECĂRUI ELEMENT ÎN ANSAMBLUL INSTALAŢIEI ELECTRICE

O parte din condiţiile generale sînt impuse echipamentului electric din motive de unificare, ca de exemplu : tensiunea nominală, legarea la masă, sensul de rotaţie, regimul nominal de lucru.

Alte condiţii generale urmăresc asigurarea funcţionării timp îndelungat a echipamentului electric ţinînd seama de unele caracteristici ale materialelor şi pieselor utilizate cum sînt : rigiditatea dielectrică, tensiunea de străpungere, supratemperatura, gradul de scînteiere la colector, comportarea la viteză de rotaţie mărită. În fine, dintre condiţiile generale fac parte şi antiparazitarea echipamentului electric.

Se prescriu în general următoarele *tensiuni nominale* : 6 V pentru motociclete, 12 V pentru autovehicule normale şi motoare staţionare şi 24 V pentru autovehicule de puteri mari şi speciale. Există tendinţa ca pentru instalaţiile electrice ale autovehiculelor care au generatoare mai mari de 500 W, să se utilizeze tensiuni nominale de 24 V.

În ceea ce priveşte *legarea la masă* a instalaţiei electrice, arătăm că în trecut se utiliza uneori legarea la masă a polului pozitiv care prezenta unele avantaje în special în ce priveşte producerea scînteilor la bujii, în timp ce în prezent se utilizează aproape în exclusivitate legarea la masă a polului negativ, din motive de unificare cu legarea la masă a aparatelor electronice.

Se recomandă ca *sensul de rotaţie* al pieselor mobile ale echipamentului electric privite din partea antrenării să corespundă sensului de rotaţie al acelor ceasornicului. Pentru ruptor-distribuitoare sensul de rotaţie se stabileşte privind dinspre capac.

În funcţie de destinaţia aparatelor se stabileşte *regimul lucru*. Din categoria aparatelor cu regim de lungă durată fac parte : aparatele ce alcătuiesc sistemele de alimentare şi de aprindere, majoritatea lămpilor, motoarele electrice pentru ştergătorul de parbriz şi pentru încălzire şi altele. Dintre aparatele cu regim intermitent fac parte claxoanele, releele de semnalizare, întrerupătoarele de stop etc., iar dintre produsele cu regim de scurtă durată amintim demaroarele.

Izolaţia părţilor conductoare de curent ale maşinilor şi aparatelor electrice trebuie să îşi păstreze proprietăţile dielectrice, în timpul funcţionării pe autovehicul, sub acţiunea factorilor exteriori : umiditate, tem-

peratură etc. De aceea se impun condiții privind *rezistența de izolație* și *rigiditatea dielectrică*, care sînt severe în special pentru produsele sistemului de aprindere.

La stabilirea *supratemperaturilor admise* pentru echipamentul electric al autovehiculelor trebuie să se țină seama atît de caracteristicile materialelor izolante (clasa de izolație), cît și de condițiile de funcționare ale produsului (regim de lucru, ventilație, temperatură ambiantă).

În ceea ce privește *gradul de scînteiere la colector* al mașinilor electrice pentru autovehicule, arătăm că pentru mașinile cu regim de lungă durată se admit scîntei slabe sub o mare parte a periilor, pentru mașinile cu regim intermitent se admit scîntei pentru toate marginile periilor, iar pentru mașinile cu regim de scurtă durată se admit scîntei puternice sub toate marginile periilor.

Părțile rotative ale echipamentului electric se verifică de obicei la *supraturație* pentru o viteză de rotație cu 20% mai mare decît viteza maximă care intervine în exploatare.

Din punct de vedere al *gradului de antiparazitare* împotriva paraziților radiofonici, se obișnuiește să se clasifice echipamentul electric după categoria autovehiculului și anume autovehiculele fără aparate de radiorecepție la bord $\left(< 100 \frac{\mu V}{m} \right)$, autovehicule cu aparate de radiorecepție $\left(< 50 \frac{\mu V}{m} \right)$ și autovehicule speciale $\left(< 10 \frac{\mu V}{m} \right)$. Pentru asigurarea antiparazitării este necesar să se ia măsuri în special în ce privește sistemul de aprindere.

1.2.3. CONDIȚII PRIVIND DURATA DE FUNCȚIONARE A ECHIPAMENTULUI ELECTRIC

În general, se consideră că durabilitatea principalelor produse de pe un autovehicul trebuie să corespundă cel puțin pînă la prima reparație capitală.

Se poate aprecia că durata de viață a unui autocamion este cuprinsă între 250 000 și 350 000 km ceea ce corespunde la aproximativ 5000 h de funcționare. Se prevede spre exemplu prima reparație după 80 000 km, a doua după 160 000 km și casarea după 240 000 km. Pentru tractoare durata de viață este de aproximativ 6...7 ani, ceea ce corespunde la aproximativ 6000 h de funcționare. Se prevede spre exemplu prima reparație după 2700 h, a doua după 4500 h și reparația capitală după 6000 h.

În general se consideră că cea mai mare parte a echipamentului electric trebuie să asigure funcționarea fără defecțiuni a autovehiculului pînă la aproximativ 50 000...75 000 km, pentru autocamioane și 1000...2000 h funcționare pentru tractoare, după care se admite înlocuirea unor piese sau subansamble mai importante.

Verificarea funcționării de durată se face atît pe autovehicule după un anumit program, cît și în laborator pe bancuri după un anumit ciclu. Spre exemplu, pentru autocamioane un astfel de program prevede parcurgerea, de către autocamionul încărcat la sarcina nominală, a diferite categorii de drumuri, din care o parte noaptea.Pentru tractoare programul de lucru poate să cuprindă lucrări agricole în teren necultivat în mediu cu praf, lucrări agricole pe soluri cultivate și diverse alte lucrări (transporturi etc.). Încercările de durată în condiții de laborator sînt de obicei încercări accelerate cu solicitări mari. Aceste încercări nu pot reproduce totalitatea condițiilor din exploatare, unde intervin solicitări combinate, și ca urmare ele nu exclud încercările de pe autovehicule.

Pentru asigurare funcționării echipamentului electric de-a lungul duratelor de exploatare prescrise este necesar să se respecte utilizarea lui conform prescripțiilor de exploatare și să se efectueze întreținerile necesare. Perfecționarea construcției produselor urmărește atît creșterea duratei de viață a produselor, cît și reducerea întreținerilor necesare și creșterea intervalului necesar între două revizii. În cele ce urmează vom arăta unele aspecte privind durata de funcționare și întreținerile necesare pentru principalele elemente componente din echipamentul electric al autovehiculelor.

În cadrul sistemului de alimentare elementul cel mai sensibil este bateria de acumulatoare. Durata de funcționare prescrisă de obicei este de 200...300 cicluri de încărcare și descărcare normale, după care capacitatea poate scădea la 50...70%.

Bateriile cu plumb cu separatoare de lemn corespund la o durată de funcționare de 14 luni respectiv un parcurs mediu de 35 000 km în timp ce acumulatoarele cu separatoare de masă plastică ajung să funcționeze 18 luni respectiv 40 000 km. Acumulatoarele alcaline ajung la durate de funcționare mult mai mari de 400 000...500 000 km în schimb au dimensiuni mult mai mari la aceeași capacitate.

Prin perfecționări tehnice în unele țări (SUA) s-a putut obține o creștere a duratei de viață medie a bateriilor cu plumb de la 18 luni la 26 luni în prezent. Rezultă necesitatea de a se acorda o atenție deosebită fabricației, exploatării cît și întreținerii corecte a bateriilor. Este necesar să se facă periodic control și eventual completarea electrolitului (după 1000...2000 km), verificarea tensiunii elementelor și densității electrolitului (după 10 000...15 000 km).

În ceea ce privește generatorul și releul regulator, o mărire apreciabilă a duratei de funcționare, spre exemplu de la 150 000 km la 350 000 km, se va putea obține prin trecerea de la dinamuri și relee regulatoare cu contacte la alternatoare și relee regulatoare electronice. În timpul exploatării este necesar pentru generatoare să se asigure ungerea rulmenților și să se facă revizia colectorului și periilor. Durata de funcționare a periilor este de aproximativ 300...1000 h pentru dinamuri. Se observă tendința de a utiliza rulmenți capsulați care nu mai necesită ungere periodică.

Durata de funcționare *a demaroarelor* depinde de frecvența pornirilor efectuate cu autovehiculul. În general se consideră că un demaror trebuie să realizeze minimum 5 000 porniri, spre exemplu pentru tractoare. La autovehicule cu porniri mai dese trebuie ales un număr de porniri mai mare, spre exemplu pentru autocamioane 10 000...25 000 de porniri. Pe parcursul exploatării trebuie respectate indicațiile de utilizare privind numărul de porniri repetate și durata lor, precum și revizia colectoarelor și a periilor.

În cadrul sistemului de aprindere elementele cu durata de funcționare cea mai mică sînt bujiile, pentru care unii fabricanți prescriu 10 000... 30 000 km. Se poate obține o mărire a duratei de viață a bujiilor printr-o întreținere corespunzătoare, care cuprinde verificarea periodică și reglarea distanței între electrozi la valoarea prescrisă. La nevoie se va face verificarea rezistenței de izolație a bujiilor și dacă este cazul sablarea sau înlocuirea acestora. Distribuitoarele de aprindere avînd întrerupătoare cu contacte de wolfram necesită o curățire și reglare periodică, aproximativ după 10 000...20 000 km. Menționăm că prin utilizarea sistemelor de aprindere tranzistorizate se va putea crește durata de funcționare a contactelor la 100 000 .150 000 km. Durata de funcționare a bobinelor de aprindere este cuprinsă între 75 000 și 250 000 km.

Becurile utilizate în cadrul *sistemului de iluminat* au o durată de funcționare care depinde în special de tensiunea de alimentare și de vibrațiile de pe autovehicul. Pentru becurile obișnuite ale farurilor se consideră o durată medie de 200...500 h. Durata de funcționare este mai mare la becurile far sau la lămpile cu iod.

Instrumentele de bord trebuie să asigure în general buna funcționare de-a lungul întregii exploatări a autovehiculelor, cu excepția produselor cu contacte care în general se defectează mai repede. Pentru a elimina această deficiență în prezent se caută utilizarea unor soluții constructive noi (de exemplu înlocuirea transmițătoarelor termometrice cu bimetal și contactele prin transmițătoare cu termistor).

În general restul echipamentului electric format din aparatele și mașinile auxiliare, asigură buna funcționare de-a lungul duratei de viață a autovehiculului.

Problema măririi duratei de viață a produselor electrotehnice în general și a echipamentului electric pentru autovehicule în special, a făcut obiectul a numeroase studii. Avînd în vedere diversitatea mare a cauzelor care pot duce la defecțiuni, este necesar ca aprecierea comportării echipamentului electric în exploatare să se facă pe baze statistice prin aplicarea studiului fiabilității.

2. SISTEME DE ALIMENTARE

2.1. CLASIFICAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE

Pentru furnizarea energiei electrice necesare consumatorilor de pe autovehicule se folosesc sisteme de alimentare în curent continuu, în curent alternativ şi mixte. Sistemele de alimentare în curent continuu pot fi cu dinam (fig. 2.1, *a*) sau cu alternator cu redresor (fig. 2.1, *b*), în timp ce sistemele de alimentare în curent alternativ folosesc de obicei un generator cu magnet permanent (fig. 2.1, *c*).

Cele mai răspîndite sînt sistemele în curent continuu, care trebuie să îndeplinească următoarele condiţii :

— să alimenteze receptoarele cu o tensiune constantă, corespunzătoare tensiunii de funcţionare prescrisă pentru acestea ;

— să asigure alimentarea cu energie electrică a consumatorilor în timpul staţionării, în timpul pornirii şi al mersului autovehiculului şi să poată prelua vîrfurile de sarcină ;

— să cuprindă produse cu dimensiuni reduse, greutate mică şi preţ de cost scăzut, care să necesite o întreţinere simplă şi uşoară.

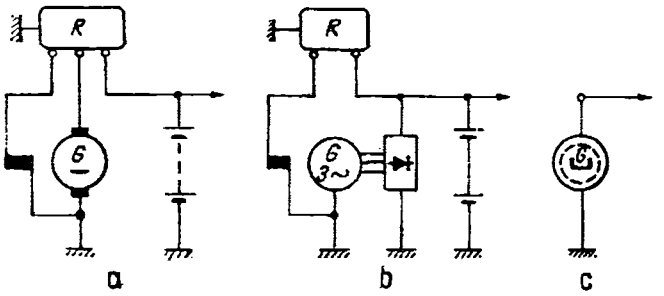


Fig. 2.1

Sistemul de alimentare în curent continuu cuprinde un generator, un releu regulator şi o baterie de acumulatoare, la care se adaugă ca accesorii, conductele de legătură şi uneori un întreruptor, un ampermetru sau voltmetru, o lampă de control sau un releu pentru semnalizarea încărcării.

Generatoarele pentru autovehicule sînt mașini electrice care produc energie atîta timp cît sînt antrenate de către motoarele termice. Dinamurile sînt generatoare de curent continuu avînd excitația derivație, sau generatoare de curent continuu cu trei perii. Alternatoarele pentru autovehicule sînt generatoare de curent alternativ de tipul mașinilor sincrone cu redresoare statice incluse, folosind excitația electromagnetică sau excitația cu magnet permanent. În cadrul sistemelor în curent alternativ amintim : generatoarele pentru tractoare, motociclete și motorete, magnetourile volante etc.

Releele regulatoare folosite în sistemele de curent continuu, îndeplinesc funcții diferite după tipul generatorului cu care funcționează împreună. Releele regulatoare pentru dinamuri asigură în general reglarea tensiunii prin regulatorul de tensiune, limitarea curentului prin regulatorul de curent și conectarea și deconectarea generatorului la bateria de acumulatoare prin releul conjuctor-disjunctor. În acest scop se folosesc : relee cu contacte avînd caracteristică frîntă sau caracteristică înclinată, relee cu contacte și variodă și relee electronice (v. subcap. 4.1 și 4.2). Releele pentru alternatoare îndeplinesc de obicei numai rolul de regulator de tensiune, întrucît limitarea curentului și evitarea curentuiui invers sînt realizate de generator care are redresorul inclus. Pentru acestea se folosesc relee cu contacte, relee electronice și uneori relee cu amplificatoare magnetice.

Bateriile de acumulatoare pentru autovehicule trebuie să asigure energia electrică necesară în timpul cînd generatoarele nu debitează deloc sau insuficient. De obicei, se folosesc acumulatoare acide cu plumb, dar se folosesc și acumulatoare alcaline (de ex. pentru motociclete).

În afară de sistemele de alimentare arătate mai sus, trebuie să amintim că există *sisteme de alimentare combinate* cu alte sisteme. Din această categorie fac parte dinamurile cu dispozitiv de aprindere și dinamurile-demaror.

Dinamurile cu ruptor pentru aprindere inclus fig. 2.2, *a* se utilizează în special pentru motociclete cu un cilindru unde ruptor-distribuitorul de aprindere poate fi simplificat. În principiu un astfel de dinam are rotorul fixat direct pe arborele cotit al motorului și este prevăzut cu o camă care comandă dispozitivul ruptorului pentru aprindere fixat pe scutul dinamului. Dinamul are de obicei mai multe perechi de poli fixați în stator, iar rotorul se caracterizează printr-un diametru mare care face să crească momentul de inerție și ca urmare poate îndeplini rolul de volant.

Dinamurile-demaror (dynastart) fig. 2.2, *b* utilizate pentru motoare termice mici, sînt o combinație între un generator și un motor electric, astfel că pot realiza pornirea electrică și apoi alimentarea consumatorilor și încărcarea bateriei. Dinamul-demaror este prevăzut cu un releu conjunctor-disjunctor CD și cu un releu regulator de tensiune RT.

De obicei dinamul demaror se construiește cu indusul în formă de clopot (pahar) cu diametrul mare pentru a mări momentul de inerție și este fixat direct pe arborele cotit al motorului. Miezul polilor amplasat în interiorul indusului este fixat pe unul din capacele frontale. Mașina are

un număr mare de poli din care o parte cuprind înfăşurarea de excitaţie serie W_s pentru funcţionare ca motor de pornire, iar cealaltă parte înfăşurarea de excitaţie derivaţie W_d pentru funcţionare ca generator. La pornire amîndouă înfăşurările de excitaţie lucrează împreună (excitaţie mixtă), în timp ce după pornire rămîne conectată numai înfăşurarea de excitaţie derivaţie. Colectorul maşinii este de tipul frontal. Funcţionarea releului conjunctor-disjunctor şi a regulatorului de tensiune sînt arătate la cap. 4.

Uneori în interiorul indusului se montează un regulator de avans centrifugal pentru aprindere. Dinamurile-demaror se utilizează pe moto-

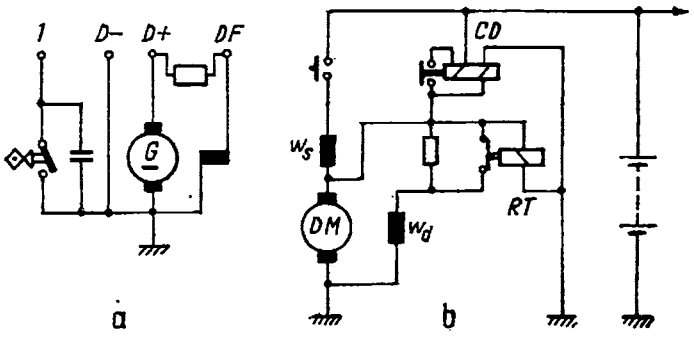


Fig. 2.2

ciclete, scutere etc. În cele ce urmează ne vom referi numai la dinamurile cu excitaţie derivaţie normale, întrucît, acestea sînt cele mai răspîndite.

2.2. PRINCIPALELE MĂRIMI CARACTERISTICE ALE SISTEMELOR DE ALIMENTARE

În cele ce urmează sînt arătate principalele mărimi caracteristice ale sistemelor de alimentare ce trebuie cunoscute :

Tensiunea de lucru U numită uneori tensiune normală sau tensiune de calcul are o valoare constantă, care corespunde funcţionării normale a generatorului ţinînd seama de valorile tensiunii necesare pentru încărcarea bateriei de acumulatoare şi pentru alimentarea consumatorilor electrici. Valoarea tensiunii de lucru este apropiată de valoarea tensiunii nominale U_N pentru care a fost proiectat şi construit sistemul de alimentare respectiv.

De obicei, tensiunea de lucru pentru dinamuri se alege $1{,}05 \ldots 1{,}1\, U_N$ (de ex. 12,5 sau 13,2 V), iar pentru alternatoare $1{,}17\, U_N$ (de ex. 14 V).

Tensiunea de conectare U_c este tensiunea la bornele generatorului la care acesta începe să debiteze înspre baterie şi corespunde turaţiei de conectare a generatorului. În cazul dinamurilor tensiunea de conec-

tare depinde de valoarea reglată de releul conjunctor-disjunctor, iar în cazul alternatoarelor—depinde de valoarea tensiunii bateriei.

Tensiunea reglată U_r este tensiunea generatorului menținută constantă între anumite limite, în funcție de turație, de către regulatorul de tensiune. La releele cu caracteristică frîntă pentru dinamuri și la releele pentru alternatoare tensiunea este menținută practic constantă și în funcție de curentul de sarcină pînă la valoarea curentului limitat, în timp ce la releele cu caracteristică înclinată tensiunea reglată scade pe măsură ce crește curentul. Menționăm că tensiunea reglată se măsoară de obicei la bornele generatorului în cazul dinamurilor, respectiv bornele releului în cazul alternatoarelor.

Curentul reglat I_r, numit și curent limitat, este curentul de sarcină, menținut la o valoare practic constantă, al dinamurilor cu relee regulatoare avînd caracteristică frîntă, respectiv al alternatoarelor cu regulator de curent. La alternatoarele fără regulator de curent, curentul de sarcină este autolimitat la valori apropiate de valoarea curentului maxim.

Puterea nominală P_N a unui dinam, pentru turație nominală, se consideră puterea maximă care se obține la tensiunea reglată cu dinamul în stare caldă lucrînd împreună cu releul regulator, fără a se depăși supratemperaturile admise. La alternatoare puterea nominală pentru turația nominală este puterea obținută la tensiunea de lucru, cu alternatorul avînd excitație maximă (fără releu).

Puterea nominală a releului regulator pentru dinam, respectiv produsul dintre curentul și tensiunea reglate de acesta, poate fi egală sau mai mare decît puterea nominală a dinamului întrucît se admite supraîncărcarea acestuia.

Curentul nominal I_N, este curentul dat de generator la puterea și tensiunea impuse (de ex. la alternator raportul dintre puterea nominală și tensiunea de lucru). Curentul reglat I_r de releul regulator poate fi egal sau mai mare decît curentul nominal (de ex. $I_r = 1{,}5\ I_N$).

Puterea maximă P_M a unui dinam este puterea cea mai mare de scurtă durată, care se obține la tensiunea de lucru cu dinamul lucrînd fără limitator de curent, la care nu se produce deteriorarea acestuia.

La alternatoare puterea maximă este puterea obținută la tensiunea de lucru ținînd seama de autolimitarea curentului la turații ridicate. De obicei puterea maximă este 1,25...1,75 P_N.

Curentul maxim I_M este curentul dat de generator la puterea maximă și tensiunea impusă (de ex. raportul dintre puterea maximă și tensiunea de lucru).

Turația inițială n_0, numită și turație de putere nulă, turație de amorsare sau turație de mers în gol, este turația generatorului în stare caldă cu excitație maximă și fără sarcină, la care se obține tensiunea impusă (de obicei nominală sau de lucru).

Turația de conectare n_c este turația generatorului la care acesta este cuplat cu bateria și începe să debiteze curent. Ea depinde atît de carac-

teristicile generatorului cît şi de cele ale releului conjunctor-disjunctor în cazul dinamurilor, şi ale bateriei în cazul alternatoarelor (v. subcap, 3.2, § 3.6.3 şi § 4.2.3).

Turaţia nominală n_N este turaţia impusă generatorului în stare caldă ţinînd seama de utilizare (v. turaţiile de funcţionare ale motorului termic şi raportul de transmisie §2.3.2).

Turaţia pentru sarcina maximă n_{IM} este turaţia generatorului în stare caldă, la care se obţine curentul maxim pentru tensiunea impusă (de ex. pentru tensiunea de lucru).

Turaţia maximă n_M este turaţia cea mai mare la care poate funcţiona generatorul în regim de lungă durată fără să apară defecţiuni.

Capacitatea bateriilor de acumulatoare reprezintă produsul între curent şi timp. Capacitatea normală C_{20} se obţine pentru acel curent constant ($I = 0{,}05\ C_{20}$), care trebuie să descarce bateria în timp de 20 h pînă la 1,75 V pe element la temperatura de referinţă a electrolitului.

Raportul de transmisie k_g la generator reprezintă raportul dintre turaţia generatorului şi turaţia motorului.

Menţionăm că *pentru dinamuri starea caldă* se obţine prin încărcarea acestuia la puterea nominală (cu releu regulator) şi turaţia de 1,2 ori turaţia nominală, pînă la stabilizarea temperaturii. *Pentru alternatoare starea caldă* se obţine la funcţionare cu tensiunea de lucru, cu turaţia nominală şi un curent de excitaţie corespunzător curentului nominal. În ambele cazuri generatoarele se folosesc cu ventilator propriu, iar temperatura mediului ambiant trebuie să fie de +20°C.

2.3. ADAPTAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE PE AUTOVEHICULE

Funcţionarea instalaţiei electrice pe un autovehicul depinde nu numai de funcţionarea fiecărui element al ei în parte, ci şi de faptul că aceste elemente sînt bine alese şi corelate cu funcţionarea motorului şi autovehiculului. La alegerea unei instalaţii pentru un anumit autovehicul trebuie făcute unele compromisuri, de aceea nu se poate da o regulă generală. Adaptarea corectă a elementelor sistemului de alimentare pentru un anumit autovehicul trebuie să asigure o funcţionare corespunzătoare în cele mai diferite condiţii de exploatare. În cele ce urmează se va arăta care sînt principalii factori de care trebuie să se ţină seama la adaptarea sistemelor de alimentare.

2.3.1. ALEGEREA PUTERII ŞI TIPULUI GENERATORULUI

Generatoarele pentru autovehicule trebuie să asigure alimentarea cu energie electrică a consumatorilor pentru diferite situaţii de conectare a acestora. Astfel, sînt unii consumatori de lungă durată, care pot funcţiona

tot timpul cît autovehiculul circulă (cum sînt: bobina de aprindere, bateria de acumulatoare, motorul electric pentru încălzire, încălzitorul de parbriz, motorul electric pentru ştergător de parbriz, aparatul de radio etc.). La aceştia se adaugă consumatorii de lungă durată pentru întuneric (farurile principale, farurile de ceaţă, lămpile de poziţie, lămpile pentru număr etc.).

În general se consideră că generatoarele trebuie să aibă o putere nominală care să corespundă consumatorilor de durată la mersul de zi şi o putere maximă care să corespundă la funcţionarea consumatorilor de lungă durată la mersul de noapte pe ploaie şi frig, cu bateria de acumulatoare la limita de descărcare admisă la care să mai poată asigura pornirea la rece. Nu se iau în considerare consumatorii cu funcţionarea de scurtă durată (demarorul, claxonul, semnalizatorul pentru schimbarea direcţiei, lămpile stop şi mers înapoi etc.). Menţionăm de asemenea că nu toţi consumatorii de durată funcţionează simultan. Spre exemplu nu va exista conducător auto, care în caz de ceaţă să ţină aprins în afară de farul de ceaţă şi celelalte faruri, deoarece pierde efectul obţinut de farul de ceaţă. De asemenea în cazul unei astfel de curse conducătorul auto va fi aşa de concentrat, încît nu va mai asculta şi aparatul de radio.

Pentru utilizarea normală a dinamurilor s-au considerat necesare următoarele puteri: pentru autoturisme mici şi mijlocii 200...300 W, autocamioane 300...400 W şi autobuze 750...1 500 W. În ultimul timp, o dată cu perfecţionarea autovehiculelor a crescut şi numărul consumatorilor electrici, prin utilizarea instalaţiilor de condiţionarea aerului, aparatelor de radio etc. În acelaşi timp s-au modificat condiţiile de mers, în special datorită opririlor dese în timpul circulaţiei în oraşe.

Timpul de mers în gol sau staţionare în care dinamul nu debitează curent ajunge la 35...60%. Pentru opriri noaptea timp de 1 min este necesară o cantitate de energie, de la baterie, mai mare decît cea necesară pentru o pornire la rece. În aceste condiţii se preferă în prezent trecerea la utilizarea alternatoarelor care pot livra puteri mari la mersul în gol. Pentru autoturisme şi autocamioane se prevede folosirea alternatoarelor cu puteri de 450...500 W la 14 V în timp ce pentru autobuze 1000...3000 W la 28 V.

Menţionăm că atît pentru dinamuri, cît şi pentru alternatoare există variante constructive care asigură puterea nominală la turaţii relativ ridicate (generatoare rapide) şi variante care asigură puterea nominală la turaţii relativ mici (generatoare lente). Deşi generatoarele lente sînt mai grele şi au dimensiuni mai mari decît cele rapide, ele se folosesc în special în cazul cînd raportul de transmisie posibil impune acest lucru. În ceea ce priveşte construcţia generatoarelor, în timp ce dinamurile s-au fabricat în general cu tipul de protecţie închis, pentru alternatoare sînt răspîndite tipurile de protecţie deschise sau parţial închise.

Tendinţa de înlocuire a dinamurilor cu alternatoare rezultă din avantajele acestora. În afară de extinderea posibilităţilor de utilizare a generatoarelor la autovehicule cu domenii de turaţii mărite şi cu consumatori avînd putere sporită, alternatoarele permit obţinerea şi altor performanţe

tehnice superioare cum ar fi : creşterea puterii specifice de la 20...50 W/kg la 100. .140 W/kg, micşorarea turaţiei de conectare, autolimitarea curentului de sarcină şi mărirea duratei de funcţionare fără întreţinere.

2.3.2. ALEGEREA TURAŢIILOR GENERATORULUI ŞI A RAPORTULUI DE TRANSMISIE

În timpul funcţionării motorului autovehiculului, turaţia generatorului variază în limite largi corespunzător tipului de motor utilizat. La motoarele cu carburator pentru automobile, turaţia de mers în gol stabil (ralenti) este de aproximativ 400...600 de rot/min, iar turaţia maximă de 4000... 6000 rot/min, astfel că raportul acestor turaţii este de aproximativ 1 = 10. La motoarele cu injecţie pentru tractoare situaţia este diferită rezultînd un raport între turaţii de aproximativ 1 : 3.

Raportul de transmisie de la motor la generator se alege astfel încît la turaţia maximă a motorului să nu se depăşească turaţia maximă a generatorului şi în acelaşi timp să se asigure o alimentare corespunzătoare a consumatorilor electrici.

În cazul dinamurilor rapide, turaţia de conectare este de 1500...2200 rot/min, iar turaţia maximă de 4000...8000 rot/min, pentru care corespunde un raport de turaţii de aproximativ 1 : 4. Aceasta face ca dinamul care este antrenat de motor să nu poată asigura încărcarea bateriei în întreaga gamă de turaţii a motorului. Ţinînd seama de turaţiile maxime ale motorului şi generatorului, rezultă că raportul de transmisie în cazul dinamurilor nu poate fi mai mare de 2. Cunoscînd turaţiile de conectare şi raportul de transmisie rezultă că în cazul dinamurilor turaţia motorului la care se produce conectarea se află deasupra turaţiei de mers în gol. Acest lucru este în oarecare măsură avantajos ţinînd seama că la turaţii mici motorul se roteşte neuniform şi tensiunea generatorului variază, în schimb prezintă dezavantajul că nu asigură o bună încărcare a bateriei de acumulatoare. De obicei, dinamurile asigură începerea încărcării la o viteză de deplasare a autovehiculului în priză directă de 24...30 km/h. Turaţia nominală a dinamurilor este cuprinsă între 1900...4000 rot/min, ceea ce corespunde la o viteză de deplasare a autovehiculului de aproximativ 50 km/h, apropiată de regimul economic al motorului, cu consum minim.

Pentru motoarele care trebuie să aibă asigurată încărcarea bateriei de acumulatoare la turaţii mici, se pot utiliza dinamuri lente avînd turaţia de conectare de 800 rot/min. În acest caz apare dezavantajul creşterii greutăţii şi costului generatorului precum şi al limitării turaţiei maxime a acestuia.

Menţionăm că alegerea turaţiei de conectare a dinamului, într-o zonă care să corespundă cu turaţia de mers în gol a motorului, este periculoasă din punct de vedere al funcţionării releului conjunctor-disjunctor şi ca urmare trebuie evitată.

În cazul alternatoarelor rapide turația de conectare este de 900...1100 rot/min și turația maximă de 7000...15000 rot/min. Raportul dintre turațiile maximă și minimă ale alternatorului este egal sau mai mare decît cel corespunzător al motorului. Spre deosebire de dinamuri, în acest caz generatorul poate să asigure încărcarea bateriei în aproape întreaga gamă de turații a motorului. Pentru turațiile maxime ale motorului și alternatorului rezultă că raportul de transmisie poate să crească pînă la aproximativ 2,8 (spre exemplu, în cazul autocamioanelor românești, prin înlocuirea dinamului cu alternatorul raportul de transmisie poate crește de la 1,86 la 2,4).

Turația motorului, la care se produce conectarea în cazul alternatoarelor, se află sub turația de mers în gol. Rezultă că la mers în gol alternatoarele debitează o putere egală cu 0,3...0,6 din puterea totală.

În fig. 2.3 sînt arătate comparativ caracteristicile de sarcină (variația curentului în funcție de turație, la tensiune constantă) ale unui alternator *a* și ale unui dinam *b*, din care rezultă că alternatorul începe să ajute și să încarce mai devreme bateria de acumulatoare.

Turația nominală a alternatoarelor este de obicei cu aproximativ 1000 rot/min mai mare decît turația corespunzătoare cotului caracteristicii de debit.

În ce privește alegerea rapoartelor de transmisie trebuie să menționăm următoarele : creșterea raportului de transmisie prezintă avantajul

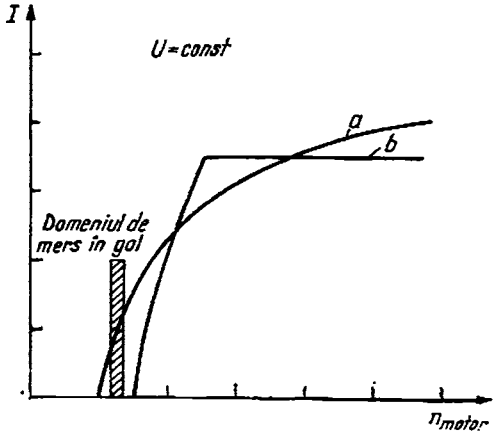


Fig. 2.3

că permite generatorului să debiteze mai devreme, în schimb are dezavantajul măririi uzurii rulmenților și periilor. Datorită acestui fapt alegerea raportului de transmisie trebuie făcută ținînd seama atît de gama de variație a turațiilor motorului, cît și de limitele constructive de fabricație ale generatorului. La stabilirea raportului de transmisie trebuie avute în vedere bineînțeles și dimensiunile limită admise pentru roțile de antrenare, solicitările curelelor, accelerațiile și decelerațiile motoarelor etc. Uneori pentru

a asigura o funcţionare corespunzătoare se preferă utilizarea alternatoarelor lente, care au turaţia de conectare de 600....800 rot/min şi permit folosirea unor rapoarte de transmisie mai mici.

2.3.3. COMPARAŢIA ŞI ALEGEREA DIFERITELOR TIPURI DE RELEE REGULATOARE

Problemele care se pun la funcţionarea generatoarelor împreună cu releele regulatoare, sînt diferite în cazul dinamurilor faţă de cele ale alternatoarelor.

În cazul dinamurilor releele regulatoare trebuie să îndeplinească mai multe funcţii decît în cazul alternatoarelor. Regulatorul de tensiune trebuie să fie ales corespunzător dinamului pentru a asigura reglarea tensiunii în întregul domeniu de turaţii de funcţionare al generatorului. Regulatorul de curent, la rîndul său, este necesar să limiteze curentul debitat de dinam la o valoare care să nu pericliteze funcţionarea acestuia şi în acelaşi timp să nu supraîncarce bateria atunci cînd aceasta este descărcată. Conjunctor-disjunctorul trebuie să permită trecerea curentului de la dinam la baterie, evitînd descărcarea pe dinam.

Dintre tipurile de relee regulatoare pentru dinamuri fac parte releele cu caracteristică frîntă şi cele cu caracteristică înclinată. La releele cu caracteristică frîntă tensiunea reglată rămîne constantă de-a lungul unei mari porţiuni a domeniului de sarcină şi doar la valori corespunzătoare curentu-

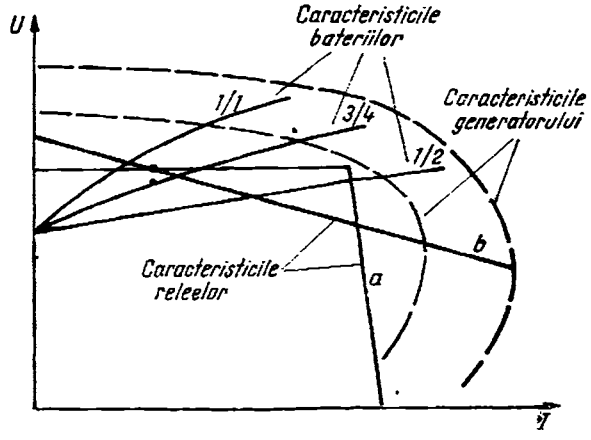


Fig. 2.4

lui reglat scade rapid (fig. 2.4 curba *a*), în timp ce la releele cu caracteristică înclinată tensiunea reglată scade lent pe măsură ce creşte curentul şi o scădere bruscă apare numai la valori mari ale curentului, corespunzătoare caracteristicii externe a dinamului (fig. 2.4, curba *b*).

Releele cu caracteristică frîntă sînt mai mari şi mai scumpe decît releele cu caracteristică înclinată, în schimb prezintă avantajul că încarcă mai repede bateria independent de mărimea şi starea acesteia, asigură o protecţie mai bună a dinamului faţă de suprasarcini, utilizează mai bine puterea dată de generator şi păstrează o valoare mai constantă a tensiunii de funcţionare pe autovehicul, independent de numărul de consumatori conectaţi (v. subcap. 4.1).

În fig. 2.5 este arătat timpul de încărcare al bateriei pentru scheme de alimentare cu diferite relee, la aceeaşi stare iniţială de încărcare a

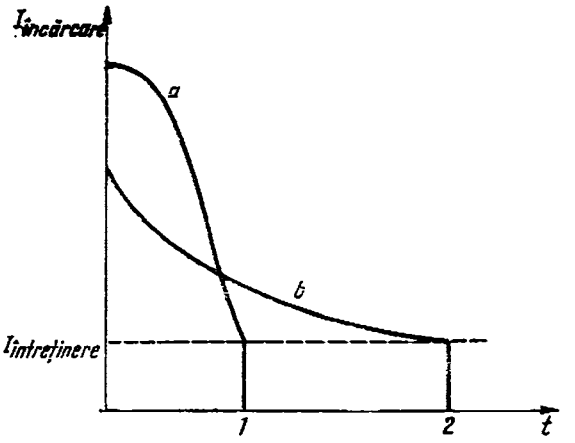


Fig. 2.5

bateriei şi turaţii constante ale generatoarelor. Se observă că timpul de încărcare al bateriilor pentru releele cu caracteristică frîntă (fig. 2.5, curba *a*) este mai mic decît pentru releele cu caracteristică înclinată (fig. 2.5, curba *b*).

Releele regulatoare au tipul de protecţie închis şi se montează separat sau direct pe dinam. În afară de releele cu contacte arătate mai sus, se mai folosesc pentru dinamuri relee cu variodă şi relee electronice. Acestea prezintă avantajul eliminării deficienţelor legate de prezenţa contactelor, în schimb au un preţ de cost mai ridicat (v. subcap. 4.2).

În cazul alternatoarelor releele regulatoare trebuie să îndeplinească în general numai rolul de regulatoare de tensiune, întrucît funcţiunile releului conjuctor-disjunctor sînt îndeplinite de redresorul inclus în alternator, iar cele ale regulatorului de curent sînt satisfăcute de alternator datorită fenomenului de autolimitare a curentului. Rolul regulatoarelor de tensiune pentru alternatoare este acelaşi cu cel al releelor pentru dinamuri, trebuind să asigure reglarea tensiunii în întregul domeniu de turaţii al generatorului. Spre deosebire de dinamuri, alternatoarele produc oscilaţii de tensiune mai mari, care pot să influenţeze funcţionarea releului,

cu atît mai mult cu cît ondulațiile sînt mai importante și frecvența lor este mai mică. Ondulațiile tensiunii redresate depind atît de construcția alternatorului (număr de faze, număr de poli, sistem de redresare), cît și de regimul de funcționare și caracterul sarcinii. Perturbații la deschiderea și închiderea contactelor releului pot apărea în special la funcționarea cu alternatoare monofazate.

Datorită caracteristicilor externe diferite, alternatoarele au panta de variație a tensiunii funcție de curent mai mare decît cea a dinamurilor și releul regulator va fi solicitat mai mult. Pe de altă parte, la turații mici reacția indusului este mai mică decît la dinamuri, în timp ce la turații mari releul trebuie să controleze variații ale curentului de excitație mai importante decît în cazul dinamurilor.

În prezent pentru alternatoare se folosesc de obicei relee regulatoare cu două perechi de contacte, avînd două trepte de funcționare. Caracteristica de tensiune funcție de curent a acestor relee asigură menținerea unei tensiuni constante, cu excepția saltului de tensiune care separă cele două trepte de funcționare.

Prin perfecționările aduse,releele regulatoare cu două perechi de contacte pentru alternatoare, satisfac în mare măsură cerințele impuse de funcționare, fiind în același timp mai ieftine și mai ușoare decît releele regulatoare pentru dinamuri (spre exemplu, un releu regulator pentru alternator cîntărește 0,35 kg, în timp ce un releu regulator pentru dinam cîntărește 0,67 kg).

Trebuie să arătăm că în prezent pentru alternatoare se utilizează și relee regulatoare electronice, care prezintă o serie de avantaje în special în ce privește precizia reglajului tensiunii și durata de funcționare, în schimb au dezavantajul unui preț de cost mai ridicat. Pe măsură ce se vor ieftini semiconductoarele, releele electronice urmează să înlocuiască releele cu contacte.

Este important ca releele regulatoare, indiferent de construcția lor, să aibă stabilitate cît mai bună (fără dereglări sub influența vibrațiilor de temperatură etc.) și o durată de funcționare cît mai mare.

2.3.4. MERSUL ÎN PARALEL AL GENERATOARELOR CU BATERIILE ȘI CU CONSUMATORII

Generatorul cu releul regulator, bateria și consumatorii sînt conectate în paralel în cadrul sistemului de alimentare, astfel că funcționarea lor se influențează reciproc. Regimurile de funcționare ale sistemului se pot deduce cunoscînd caracteristicile de tensiune funcție de curent ale generatorului pentru diferite turații, ale releului regulator — pentru diferite temperaturi și ale bateriei — pentru diferite temperaturi și stări de încărcare. În fig. 2.6 este arătată schema de funcționare în paralel a unui dinam *a*, respectiv a unui alternator *b* cu bateria și cu rezistența de sarcină.

Dacă neglijăm rezistența conductoarelor, la funcționarea în paralel putem considera că tensiunile la bornele generatorului, bateriei și consumatorilor sînt egale $U_g = U_b = U$.

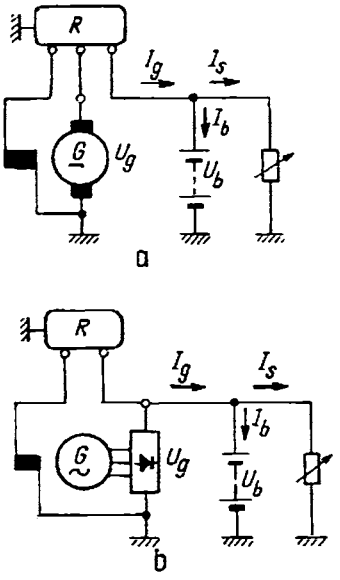


Fig. 2.6

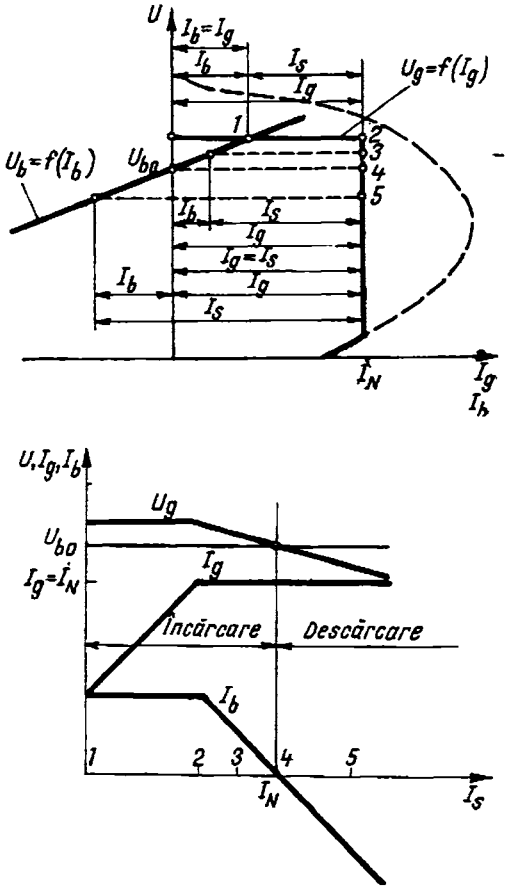


Fig. 2.7

La turații ale generatorului mai mici decît turația de conectare, curentul de sarcină cerut de consumatori este egal cu curentul de descărcare al bateriei $I_s = I_b$, întrucît dinamul nu debitează curent.

Dacă turațiile generatorului sînt mai mari decît turația de conectare, acesta începe să debiteze curent. În cazul cînd sarcina consumatorilor este mică ($U > U_{b0}$) bateria se încarcă, iar în cazul cînd sarcina consumatorilor este mai mare ($U < U_{b0}$) bateria se descarcă.

Se poate obține orice regim de funcționare a generatorului în paralel cu bateria și consumatorii, dacă se intersectează caracteristicile acestora cu linii orizontale, corespunzătoare tensiunii date.

În fig. 2.7 sînt arătate caracteristicile de funcționare ale unui sistem de alimentare cuprinzînd un dinam cu releu, avînd caracteristica frîntă, în paralel cu bateria și consumatorii. Dacă sarcina consumatorilor este nulă (punctul *1*), curentul dat de dinam servește numai la încărcarea bateriei $I_g = I_b$ și $I_s = 0$. Dacă se conectează consumatorii, la început (pînă la

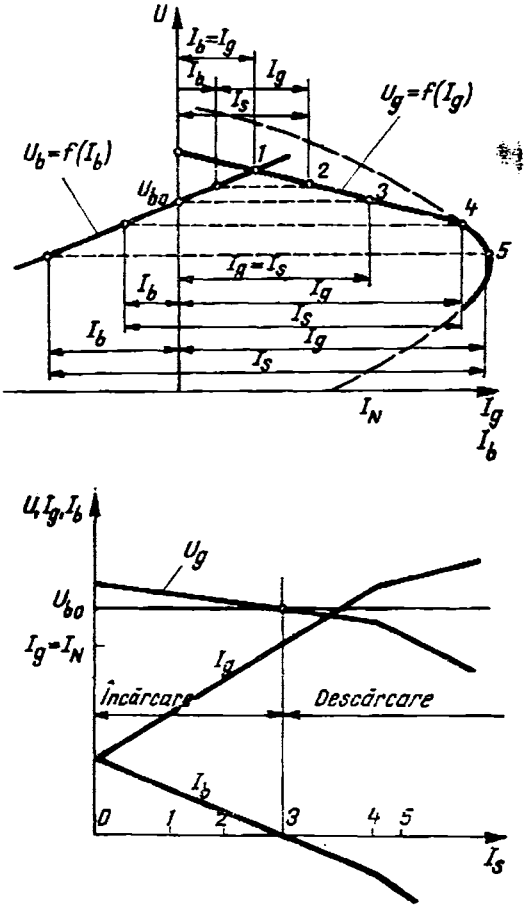


Fig. 2.8

punctul *2*) curentul consumatorilor crește o dată cu creșterea curentului dat de dinam, în timp ce curentul de încărcare al bateriei rămîne constant $I_g = I_b + I_s$ și $I_b = \text{const}$. În continuare (punctul *3*) curentul genera-

torului nu mai creşte, în timp ce curentul de încărcare al bateriei scade pe măsură ce creşte curentul consumatorilor $I_g = I_b + I_s$ şi $I_g = \text{const}$. Cînd curentul consumatorilor devine egal cu curentul dinamului (punctul *4*) curentul bateriei se anulează $I_g = I_s$. Dacă curentul consumatorilor creşte şi mai mult (punctul *5*) bateria începe să se descarce $I_s = I_g + I_b$.

În fig. 2.8 sînt arătate caracteristicile de funcţionare ale unui sistem de alimentare cuprinzînd un dinam, cu releu cu caracteristică înclinată, în paralel cu bateria şi consumatorii. După cum se observă curentul dinamului creşte continuu pînă cînd este limitat de caracteristica externă,

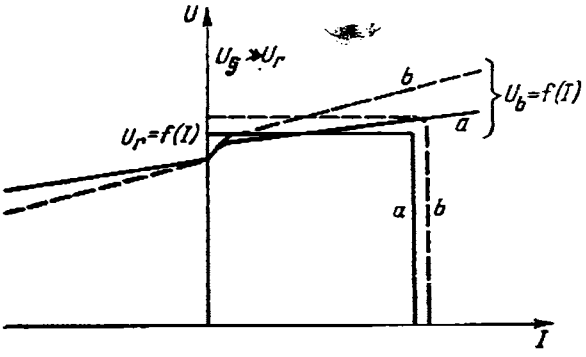


Fig. 2.9

în timp ce curentul de încărcare al bateriei scade pînă se anulează, iar apoi apare curentul de descărcare care creşte continuu.

În cazul alternatoarelor funcţionînd cu regulator de tensiune, tensiunea la borne este practic constantă pînă la o anumită valoare a sarcinii, după care începe să scadă. Scăderea tensiunii şi limitarea curentului se datoresc caracteristicilor externe înclinate ale alternatorului care depind de turaţie.

Caracteristicile de funcţionare ale generatoarelor, cu relee regulatoare, în paralel cu bateriile se modifică în funcţie de temperatură. Vara caracteristica de funcţionare a acumulatorului este mai puţin înclinată, întrucît rezistenţa electrolitului este mai mică şi tensiunea reglată de releul regulator trebuie să fie ceva mai mică pentru a nu supraîncărca bateria. Dimpotrivă iarna caracteristica bateriei este mai înclinată şi tensiunea reglată şi curentul reglat trebuie să fie mai mari pentru a asigura buna încărcare a bateriei (v. § 4.1). În fig. 2.9 sînt arătate caracteristicile de funcţionare vara *a* şi iarna *b* ale unui sistem de alimentare cu dinam avînd releu regulator cu caracteristica frîntă.

2.3.5. ALEGEREA DATELOR DE FUNCŢIONARE ALE SISTEMELOR DE ALIMENTARE

Funcţionarea normală a bateriilor de acumulatoare de pe autovehicule este condiţionată de valoarea tensiunilor şi curenţilor de încărcare şi descărcare. Bateriile funcţionează corespunzător într-un domeniu de tensiuni

bine determinat, cuprins între stările limită de descărcare şi încărcare. De obicei, se utilizează baterii cu plumb avînd 6 elemente, pentru care tensiunea nominală este de 2 V pe element, respectiv 12 V pe baterie.

Pe autovehicule procesele de încărcare şi descărcare ale bateriilor sînt alternate. Descărcarea bateriilor se produce la staţionare, la porniri în special la temperaturi scăzute şi la mersul cu mulţi consumatori, spre exemplu noaptea pe timp de iarnă. Pentru asigurarea încărcării rapide a bateriilor se preferă alegerea unui curent de încărcare cît mai mare, bineînţeles în limita admisă. Valoarea acestui curent este determinată de tensiunea reglată a releului regulator, de starea de încărcare a bateriei, de sarcina consumatorilor şi de alţi parametri (căderea de tensiune pe cabluri, variaţiile de temperatură etc.). În general se prescrie ca în circuitul de alimentare căderile de tensiune pe conductoare să nu depăşească 2,5% din tensiunea nominală a generatorului, la valoarea nominală a curentului (de ex. 0,3 V pentru echipamentul de 12 V). Valoarea limită admisă pentru curentul de încărcare a bateriei depinde de capacitatea bateriei şi de temperatura maximă a electrolitului.

În ceea ce priveşte influenţa temperaturilor trebuie să arătăm că vara cînd bateria este mai puţin solicitată şi are loc evaporarea mai intensă a electrolitului din baterie este de preferat o tensiune reglată mai scăzută, în timp ce iarna se preferă o tensiune reglată mai ridicată, cu atît mai mult cu cît solicitarea bateriei este mai mare avînd porniri mai dese. Ca urmare se preferă relee regulatoare cu coeficient de temperatură negativ (la care scăderea temperaturii este însoţită de o creştere a tensiunii reglate).

În legătură cu descărcarea bateriei de acumulatoare trebuie să arătăm că bateria se autodescarcă în timp. Pentru a compensa autodescărcarea este necesar ca bateria să fie alimentată continuu cu un curent corespunzător autodescărcării, chiar dacă în stare iniţială ea este încărcată şi nu alimentează în timp alţi consumatori.

Ţinînd seama de cele arătate mai sus, pentru încărcarea optimă a bateriilor cu plumb de pe autovehicule, în condiţiuni normale, se recomandă următoarele

— tensiunea aplicată la borne în timpul încărcării bateriei pe autovehicul nu trebuie să depăşească 2,4...2,5 V pe celulă (respectiv 14,4... 15 V) ; menţionăm că aceasta corespunde la o încărcare a bateriei de aproximativ 80%, respectiv o densitate a electrolitului de 1,24...1,26 g/cm^3.

— încărcarea bateriei trebuie să se facă cu un curent care să nu depăşească valoarea maximă admisă determinată de capacitatea bateriei şi de temperatură ; pentru a compensa efectul de autodescărcare este necesară alimentarea continuă de întreţinere ;

— descărcarea bateriei pe autovehicul în timpul exploatării nu trebuie să scadă sub 40%, respectiv o densitate a electrolitului de 1,18... 1,20 g/cm^3.

În funcție de climatul în care se utilizează autovehiculele, se recomandă uneori ca tensiunea reglată de releul regulator să fie diferită (de ex. 15 V pentru regiunile reci și 13,5 V pentru regiunile calde).

2.3.6. VERIFICAREA BILANȚULUI ENERGETIC

La alegerea puterii generatorului și a raportului de transmisie arătate mai sus, s-a putut ține seama numai în mică măsură de regimul de variație al turației motorului autovehiculului, de durata de conectare a consumatorilor electrici, de alura curbei de debit, de valoarea tensiunilor reglate de releul regulator și de procesele de descărcare și încărcare ale bateriei de acumulatoare. Pentru asigurarea unei alimentări corespunzătoare a consumatorilor și a încărcării bateriei de acumualtoare, este necesar să se facă o verifcare a bilanțului energetic care ține seama și de acești factori. Bilanțul energetic reprezintă relația între energia produsă de sistemul de alimentare electric și energia consumată de consumatorii electrici. El se verifică pe bază de calcul grafico-analitic sau pe bază de măsurări experimentale.

Pentru determinarea prin calcul a bilanțului energetic se pornește de la diagrama de mers a autovehiculului, care arată timpul procentual de funcționare a motorului la diferite turații. Diagrama determinată experimental depinde de caracteristicile autovehiculului și de modul de exploatare. Combinînd diagrama de mers a autovehiculului cu caracteristica de sarcină a generatorului se poate deduce, pentru o anumită putere a consumatorilor, cantitatea de energie electrică furnizată de generator și cea furnizată de acumulator. Metoda arătată este relativ simplă, în schimb nu ține seama de durata de conectare a diferiților consumatori.

Altă metodă de calcul se bazează pe determinarea capacității, în amperi-oră, necesare pentru diferiți consumatori în funcție de durata de conectare a acestora, la care se adaugă numărul de amperi-oră necesar pentru încărcare abateriei. Nici această metodă nu este precisă, întrucît nu ține seama de caracteristicile de sarcină ale generatoarelor.

Rezultă că este necesară verificarea bilanțului energetic pe bază de măsurări experimentale, care să țină seama de condițiile reale din exploatare. De obicei, aceste încercări se efectuează pentru o durată relativ scurtă (de ex. 24 h) atît pentru mersul în oraș cît și mersul în afară de oraș, conectînd diferiți consumatori un timp proporțional cu durata lor medie de utilizare în exploatare. Încercarea începe cu o baterie încărcată (75... 80%). După efectuarea programului de încercări se determină gradul de încărcare al bateriei de acumulatoare, care trebuie să se încadreze în limitele prescrise pentru o adaptare corectă (40%). Menționăm că pentru buna încărcare a bateriilor de acumulatoare un indiciu este și cantitatea de electrolit care se evaporă în timpul funcționării.

În timpul probelor de verificare a bilanțului energetic tensiunile reglate nu trebuie să iasă din limitele prescrise.

În general prin adaptarea corectă a sistemului de alimentare trebuie să se asigure : alimentarea consumatorilor, încărcarea corespunzătoare a bateriei şi solicitarea normală a generatoruli şi releului regulator.

2.4. ÎNCERCĂRILE ŞI VERIFICĂRILE SISTEMELOR DE ALIMENTARE

2.4.1. UTILAJE PENTRU ÎNCERCAREA ŞI VERIFICAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE

Încercările pe banc a generatoarelor şi releelor regulatoare necesită utilaje speciale. În uzinele producătoare se folosesc bancuri specializate pentru aceste produse, în timp ce în întreprinderile de reparaţii şi în staţiunile de „service" se utilizează bancuri comune, pe care se verifică şi alte produse ale instalaţiei electrice.

Bancul pentru încercarea sistemelor de alimentare cuprinde în mod obişnuit : dispozitivul pentru fixarea generatoareelor şi relelor, motorul electric pentru antrenare, reostatul de sarcină, bateria cu instalaţia de încărcare şi tabloul de comandă. Bancul are, de obicei, aspectul unei mese de lucru cu pupitru.

Aparatura pentru verificarea sistemelor de alimentare pe autovehicule este de obicei portabilă. Pentru verificarea rapidă a funcţionării sistemelor de alimentare sînt necesare : un tester voltampermetric, o cutie cu reostate pentru sarcină şi un tester sau tahometru pentru turaţii.

Testerul voltampermetric cuprinde un voltmetru, care măsoară tensiunea generatorului respectiv a releului şi un ampermetru care măsoară curentul de sarcină. Cutia cu reostate permite varierea sarcinii fie în trepte prin schimbarea conexiunilor, fie continuu prin deplasarea cursorului. Conductele de legătură să aibă anumite secţiuni şi să fie prevăzut cu papuci sau cleme corespunzătoare.

Testerul pentru turaţii funcţionează pe baza impulsurilor date de bobina de aprindere şi se conectează la bornele acesteia. Pentru a determina turaţia generatoului este necesar să se înmulţească turaţia citită la tester cu raportul de transmisie de la motor la generator, care trebuie cunoscut. În cazul motoarelor cu autoaprindere este necesar un tahometru pentru măsurarea turaţiilor. În fig. 2.10, *a* şi *b* sînt arătate schemele de legături pentru verificarea sistemelor de alimentare cu dinam cu reostat fără baterie şi cu baterie fără reostat, iar în fig. 2.10, *c* schema pentru verificarea sistemelor cu alternator. Menţionăm că la verificarea sistemelor de alimentare este bine să dispunem şi de un voltmetru cu furcă pentru măsurarea tensiunii bateriei în sarcină, un densimetru pentru verificat densitatea electrolitului şi un termometru pentru măsurarea temperaturii electrolitului şi a mediului ambiant.

2.4.2. CONTROLUL SISTEMULUI DE ALIMENTARE LA BORDUL AUTOVEHICULELOR

Controlul sistemului de alimentare prin aparatele montate la bordul autovehiculului constă de obicei în verificarea trecerii curentului între gene-

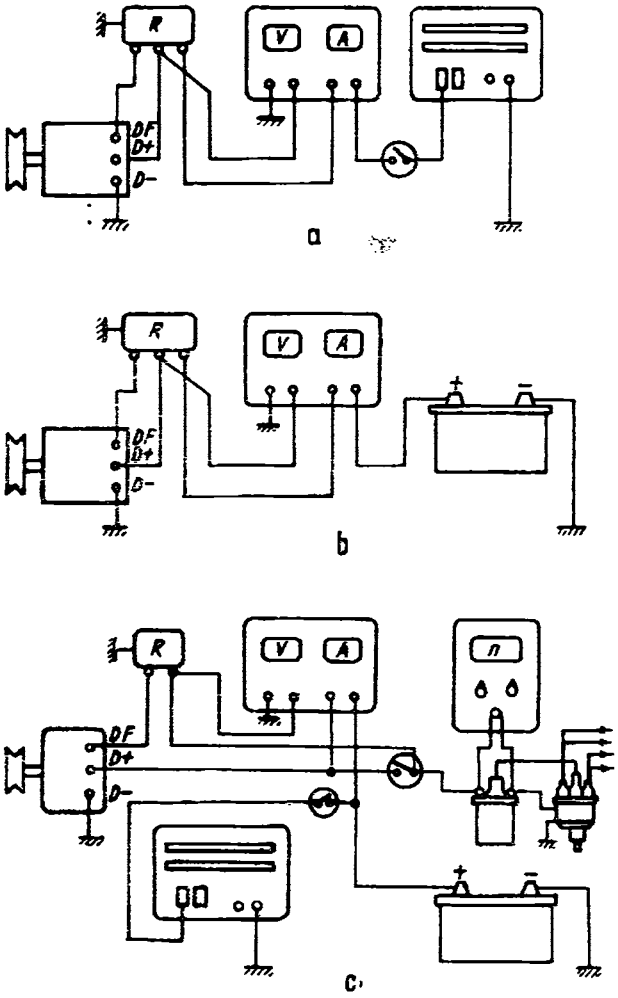


Fig. 2.10

rator şi baterie, respectiv a încărcării bateriei, cu ajutorul lămpii de control, ampermetrului sau voltmetrului.

Schemele de alimentare cu dinam prevăd de obicei montarea la bordul autovehiculului a unei lămpi de control de culoare roşie conectată între dinam şi întreruptorul de contact care duce la baterie, în paralel cu contactele conjunctor-disjunctorului (fig. 2.11, *a*). Cînd motorul stă şi se închide întreruptorul de contact lampa luminează puternic întrucît este alimentată cu întreaga tensiune de la baterie. O dată cu pornirea motorului, crescînd tensiuna dinamului lampa de control luminează din ce în ce mai slab, întrucît scade diferenţa de tensiune dintre baterie şi

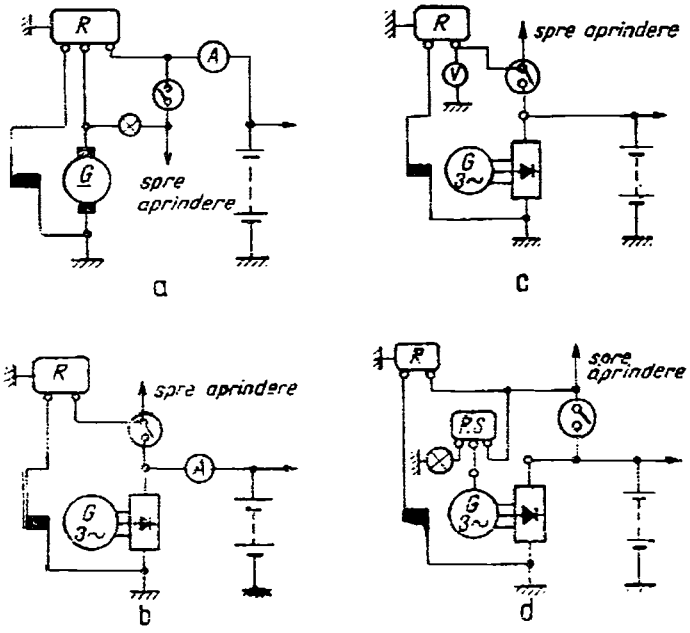


Fig. 2.11

dinam. Cînd tensiunea dinamului devine egală cu cea a bateriei sau cînd se produce cuplarea releului conjunctor-disjunctor, lampa de control se stinge. Dacă se porneşte motorul la rece sau se merge cu viteză mică, rezistenţa înfăşurării de excitaţie fiind mică, tensiunea dată de dinam creşte mai repede şi lampa se stinge mai devreme. O dată cu încălzirea înfăşurărilor lucrurile revin la normal. Deoarece lampa de control indică numai trecerea curentului între generator şi baterie, dar nu indică şi măsura în care se încarcă sau descarcă bateria, uneori se foloseşte şi un ampermetru (fig. 2.11, *a*) conectat între baterie şi restul instalaţiei, cu

excepția demarorului. Instrumentul poate arăta atît descărcarea cît și încărcarea bateriei.

Sistemele de alimentare cu alternator pot utiliza pentru control ampermetre, voltmetre sau lămpi de control. Voltmetrele (fig. 2.11, *c*) prezintă avantajul că măsoară nivelul tensiunii sistemului de alimentare, în schimb nu semnalizează regimul de descărcare ca în cazul ampermetrelor (fig. 2.11, *b*). Pentru utilizarea lămpilor de control în cazul alternatoarelor sînt necesare uneori scheme speciale, spre exemplu prin folosirea unui releu pentru semnalizarea încărcării (RS fig. 2.11, *d*). Spre deosebire de dinamuri la alternatoare încărcarea începe la turații mai mici, astfel că în regimul de mers în gol generatorul debitează curent și lampa de control se stinge.

2.4.3. VERIFICAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE PE AUTOVEHICULE

Încercările sistemelor de alimentare pe autovehicule au rolul de a controla funcționarea corectă a elementelor respective în condiții de exploatare și de a verifica adaptarea corectă a lor cu consumatorii.

Verificările funcționării elementelor sistemului de aprindere diferă în funcție de tipul de generator și de releu regulator utilizat. Înainte de începerea lucrărilor se verifică polaritatea bornei puse la masă și se determină datele înscrise pe etichetă (puterea generatorului) pentru a regla corespunzător reostatul de sarcină. De asemenea se verifică întinderea corectă a curelei de transmisie la generator.

La dinamurile care funcționează împreună cu relee regulatoare avînd caracteristică frîntă se verifică : tensiunea reglată fără sarcină și cu sarcină, curentul limitat, tensiunea de conectare și curentul invers la deconectare (fig. 2.10, *a* și *b*), Verificarea dinamurilor cu relee regulatoare avînd caracteristică înclinată se face în mod asemănător cu mențiunea că limitarea curentului este dată de caracteristica externă a dinamului.

Verificarea dinamurilor cu trei perii trebuie făcută întotdeauna cu o baterie încărcată conectată în paralel, iar încercarea de mers în gol nu se face.

La sistemele de alimentare cu alternator și releu regulator se verifică : turația de conectare, tensiunea reglată și puterea maximă. Încercările se fac cu bateria conectată în paralel (fig. 2.10, *c*).

Înainte de a începe verificarea sistemului de alimentare este necesar să se controleze starea bateriei și anume : nivelul și densitatea electrolitului și tensiunea la bornele elementelor.

În tabelele 2.1 și 2.2 sînt arătate informativ principalele date caracteristice ale unor sisteme de alimentare cu dinam și alternator utilizate pe autovehicule în țara noastră.

Tabelul 2.1

Caracteristicile principale ale sistemelor de alimentare cu dinam

Datele caracteristice	Tipul autovehiculului					
	SR 131	U 650	Dacia 1100	Moscvici 407	Fiat 850	Fiat 1800
1	2	3	4	5	6	7
Tipul bateriei	12 Dg 64	12 Eg 153	AS 910 12V45Ah2HN	6 ST 42		6 GRN 4
Tipul dinamului	G 450	3 G 300 U	7267/12V J7A	G 22	D 90/12/16 3CS	D 115/12/18/4
Tipul releului-regulator	R 450	R 300	7267/8A AD5/12V 22A	RR 24 D	GN2/12/16	GN2/12/18
Raportul de transmisie la dinam	1,86	1,3	1,7		2(1,8)	1,95
Tensiunea nominală, V	12	12	12	12	12	12
Capacitatea acumulatorului Ah	64	153	45	42	36	48
Turația motorului la relanti, rot/min (mers în gol stabil)	475—500	600—700	~600			
Turația dinamului la conectare, rot/min	<1400	~1300	~1800	~1650	~1750	~1400

Tensiunea la turaţia de conectare, V	13	13	~12,4	12,5	~12,6	
Turaţia dinamului pentru încercarea la sarcina parţială, rot/min	3000	2500	3000			
Tensiunea reglată la sarcina parţială, V	13,5...15,5	~14,5	~14,3		~14,2	
Curentul dinamului la sarcina parţială, A	15	10	10		8	
Turaţia dinamului la sarcina nominală, rot/min	<2500	2100±300	2600	2600	~2625	~2550
Tensiunea la sarcina nominală, V	14	12	~13,8	12,5	12	12
Curentul nominal (reglat), A	30	20	22	16	16	28

Tabelul 2.2

Caracteristicile principale ale sistemelor de alimentare cu alternator

Datele caracteristice	Tipul autovehiculului				
	SR 131	ARO 240	Tractor U 650 M	Dacia 1300	Tractor U 400
1	2	3	4	5	6
Tipul bateriei	12 Dg 64	12 M3	12 Eg 153	12V 45 Ah	12V 110 Ah
Tipul alternatorului	1110 (A500)	1111	1132 (A300)	1111	ATR 110/12 40/13
Tipul releului regulator	1410 (R500)	1410	1410 (R300)	1410	RC 1/12
Raportul de transmisie la alternator	2,4	1,62	1,8	1,88	1,82
Tipul curelei	1210×13×8 2 buc.	1091×11×10	SPz 11×10	SPz 8,5×8	—
Tensiunea nominală, V	12	12	12	12	12
Capacitatea acumulatorului, Ah	64	64	153	45	110
Turaţia motorului la relanti (mers în gol stabil), rot/min	475—500	400—600	600—700	780—800	
Turaţia iniţială a alternatorului, rot/min	950	950	950	950	950
Tensiunea la turaţia iniţială, V	14	14	14	14	12
Turaţia alternatorului la sarcină mică, rot/min	5000	5000	5000	5000	5000
Tensiunea reglată la sarcină mică, V	14,1...14,7	14,1...14,7	14,1...14,7	14,1...14,7	14,2±0,3
Curentul alternatorului la sarcină mică, A	2	2	2	2	7...10
Turaţia alternatorului la sarcină mare, rot/min	5000	5000	5000	5000	5000
Tensiunea reglată la sarcină mare, V	13,7...14,3	13,7...14,3	13,7...14,3	13,7...14,3	U_I—(0,4...0,7)
Curentul alternatorului pentru sarcină mare, A	30	30	30	30	24...27

3. GENERATOARE PENTRU AUTOVEHICULE

3.1. CLASIFICAREA DINAMURILOR PENTRU AUTOVEHICULE

Cele mai răspîndite generatoare pentru autovehicule au fost o lungă perioadă de timp, dinamurile de curent continuu. Dintre acestea soluția clasică o constituie dinamurile cu excitație derivație, funcționînd cu relee regulatoare. Pentru asigurarea autoreglării tensiunii și curentului s-au folosit și dinamuri cu trei perii care nu mai necesită regulatoare de tensiune și curent.

Dinamuri cu excitație derivație. Dinamurile cu excitație derivație pentru autovehicule sînt generatoare de curent continuu cu inductorul în stator și indusul în rotor. Inductorul cuprinde polii cu înfășurările de excitație și se conectează în derivație cu indusul prin intermediul releului regulator. Indusul cuprinde pachetul de tole cu înfășurarea de curent continuu și colectorul cu lamele colectoare.

Conectarea excitației se poate face cu un capăt la peria plus sau minus, iar cu celălalt capăt la releul regulator. În primul caz avem așa-numita *reglare minus* (fig. 3.1, *a*), întrucît contactele releului regulator în poziție de repaus leagă înfășurarea de excitație la borna minus. În al doilea caz contactele releului regulator în poziție de repaus leagă înfășurarea de excitație la borna plus și avem *reglarea plus* (fig. 3.1, *b*). De obicei dinamurile au reglare plus cu borna minus pusă la masă.

Pentru dinamurile de putere mare (de ex. 900 și 1200W) se obișnuiește ca înfășurarea de excitație să se împartă în două grupe conectate în paralel (fig. 3.1, *c*) astfel încît curentul de excitație să nu depășească valoarea admisibilă pentru curentul din contactele releului regulator. În acest caz fiecare înfășurare de excitație va fi comandată de cîte un regulator de tensiune separat.

Dinamurile derivație cu relee regulatoare prezintă o serie de avantaje față de dinamurile cu trei perii, datorită caracteristicilor lor (fig. 2.4. și 2.5). Curentul de încărcare al bateriei este adaptat la starea de descărcare a acesteia: curent mare la început și mic la sfîrșit. Puterea debitată de dinam crește o dată cu creșterea numărului de consumatori. La deconec-

tarea întîmplătoare a bateriei, tensiunea rămîne la valoarea reglată a releului regulator, dinamul cu releu putînd funcționa chiar și fără baterie. Curentul de încărcare al bateriei la turații mijlocii și mari rămîne aproape constant la variațiile de turație ale dinamului. Dezavantajele dinamului derivație cu releu regulator constau în construcția complicată și scumpă, întreținerea și reglarea mai dificile. Cu toate acestea, avînd în vedere faptul că durata de viață a bateriilor este mai mare în acest caz, dinamurile derivație cu releu regulator au fost preferate dinamurilor cu trei perii.

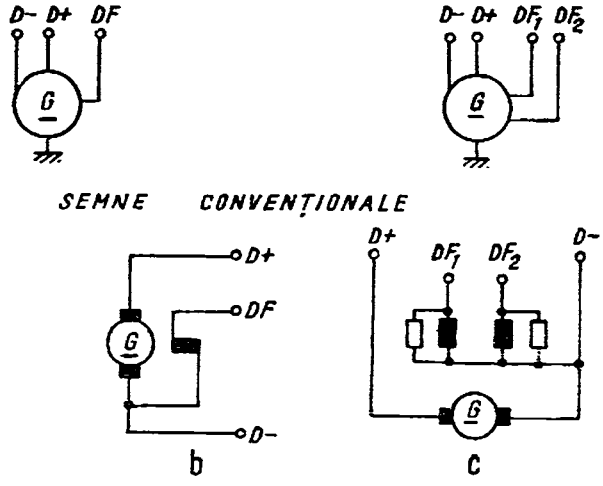


Fig. 3.1

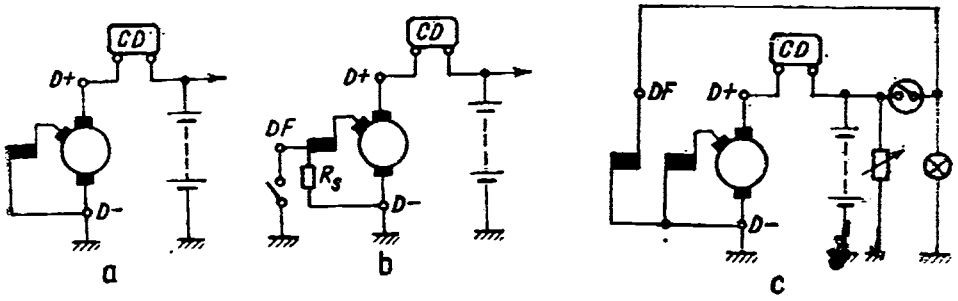


Fig. 3.2

Dinamuri cu trei perii. Dinamurile cu trei perii pentru autovehicule sînt generatoare derivație la care înfășurarea de excitație se alimentează între o perie a indusului și alta auxiliară (a treia), deplasată față de peria a doua a indusului situată diametral față de prima (fig. 3.2, *a*).

Prin deplasarea celei de a treia perii se poate modifica tensiunea aplicată excitației. În același timp datorită apariției reacției transversale

a indusului se produce o micșorare a fluxului rezultant și a tensiunii corespunzătoare celei de a treia perii, ceea ce determină o autoreglare a curentului de sarcină, atunci cînd turația și sarcina variază. Dacă în paralel cu dinamul este conectată o baterie, o dată cu reglarea curentului se produce și o reglare a tensiunii, fapt care se explică cu ajutorul caracteristicilor înclinate ale generatorului. Rezultă că acest dinam nu mai necesită regulator de tensiune, în schimb este necesar un conjunctor-disjunctor pentru a evita descărcarea bateriei pe dinam.

Regimul de încărcare al bateriei nu este satisfăcător la funcționarea dinamului cu trei perii — întrucît depinde de sarcina consumatorilor. Pentru o anumită poziție a periei și o anumită turație, dinamul cu trei perii supraîncarcă bateria în timpul zilei și o subîncarcă noaptea, din cauza variației curentului de sarcină. Iarna, cînd pornirile sînt grele și sarcina consumatorilor este mare, bateria se încarcă mai puțin sau chiar se descarcă. Îmbunătățirea funcționării dinamului cu trei perii s-ar fi putut obține prin deplasarea celei de a treia perii de la vară la iarnă, dar această soluție este greoaie.

Pentru limitarea curentului s-au mai utilizat scheme care introduc o rezistență suplimentară R_s în circuitul de excitație, comandată de un întrerupător sau un releu (fig. 3.2, *b*) sau scheme care fracționează înfășurarea de excitație (fig. 3.2, *c*).

În afară de dezavantajele dinamului cu trei perii arătate mai sus, mai există și altele, care sînt amintite în cele de urmează.

La încărcarea bateriei curentul crește spre sfîrșitul încărcării și bateria fierbe violent. Ca urmare durata de funcționare a plăcilor se micșorează, consumul de apă crește și apare pericolul de sulfatarea plăcilor din cauza scăderii nivelului. La creșterea turației puterea dinamului cu trei perii scade. La oxidarea bornelor sau la deconectări întîmplătoare scade curentul dinamului și tensiunea crește mult, mersul fără baterie fiind dăunător.

Datorită comutației proaste (scîntei la peria a treia) puterea dinamurilor cu trei perii este limitată și ca urmare nu satisface condițiilor cerute de creșterea consumatorilor de pe autovehicule.

Deși generatoarele cu trei perii au avantaje cum ar fi: construcție simplă, cost redus, reglaj și întreținere mai simplă decît dinamurile derivație cu releu regulator, ele nu se mai folosesc datorită dezavantajelor lor.

3.2. CARACTERISTICILE DE FUNCȚIONARE ALE DINAMURILOR

Condițiile de funcționare ale dinamurilor pentru autovehicule diferă de cele ale dinamurilor clasice în special datorită faptului că turația de antrenare variază în limite largi.

Interesează în mod deosebit variația următoarelor mărimi : tensiunea la bornele generatorului U_g, curentul generatorului I_g, curentul de excitație I_e și turația n. Dintre caracteristicile specifice dinamurilor derivație autoexcitație pentru autovehicule mai importante sînt : caracteristicile de mers în gol, mers în sarcină și de reglaj.

Caracteristicile de mers în gol. Caracteristica de mers în gol reprezintă dependența tensiunii la bornele dinamului (numită tensiune în gol U_0), de curentul de excitație I_e, pentru turații constante și pentru sarcină nulă (fig. 3.3, *a*).

Datorită magnetismului remanent tensiunea este diferită de zero atunci cînd curentul de excitație este nul, ceea ce constituie o condiție

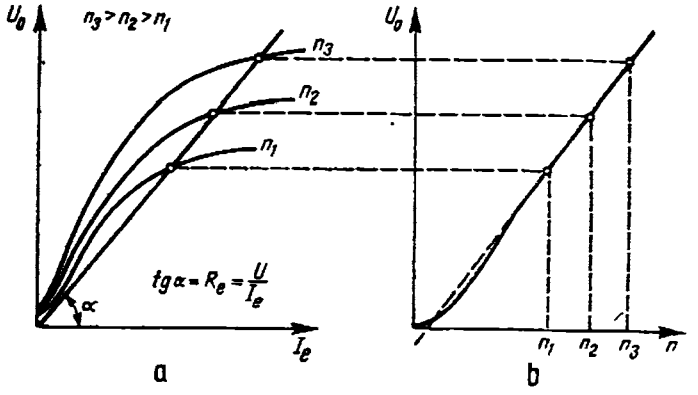


Fig. 3.3

necesară pentru autoexcitare. Tensiunea generatorului depinde de numărul de perechi de poli p, numărul de căi de curent în paralel a, numărul de conductoare din indus N, numărul de rotații pe secundă n_s și fluxul magnetic util Φ

$$U_0 = \frac{p}{a} n_s N \Phi. \tag{3.1}$$

Fluxul magnetic depinde de solenația înfășurării de excitație θ_e față de care se poate exprima prin relația aproximativă (b și c fiind constante)

$$\Phi \approx \frac{\theta_e}{b + c\,\theta_e} \tag{3.2}$$

Înlocuind solenația prin produsul dintre numărul de spire W_e și curentul de excitație I_e și notînd cu $b_1 = \frac{b}{W_e}$ obținem prin simplificare

$$\Phi \approx \frac{I_e}{b_1 + c I_e}. \tag{3.3}$$

Introducînd expresia fluxului în relația 3.1 rezultă

$$U_0 = \frac{p}{a} n_n N \frac{I_e}{b_1 + c I_e}. \tag{3.4}$$

În fig. 3.3, *a* este arătat modul de variație al tensiunii în gol U_0 în funcție de curentul de excitație I_e. Punctul de funcționare al dinamului derivație autoexcitat se poate obține intersectînd curbele de excitație cu dreapta de excitație a cărei pantă este egală cu valoarea rezistenței înfășurării de excitație R_e

$$U = R_e I_e. \tag{3.5}$$

Determinînd punctele de funcționare pentru diferite turații se poate trasa caracteristicile de mers în gol funcție de turație (fig. 3.3, *b*), care reprezintă dependența între tensiunea de mers în gol și turație. După cum se poate vedea această caracteristică este practic liniară cu excepția turațiilor mici. Variația liniară a tensiunii cu turația se poate deduce și prin calcul aproximativ, din relațiile de mai sus. Din caracteristică se poate determina turația inițială la care se obține tensiunea de lucru.

Pentru a obține o tensiune, la bornele generatorului, practic constantă este necesar ca să fie modificată valoarea curentului de excitație funcție de turație, ceea ce se poate obține cu ajutorul regulatorului de tensiune.

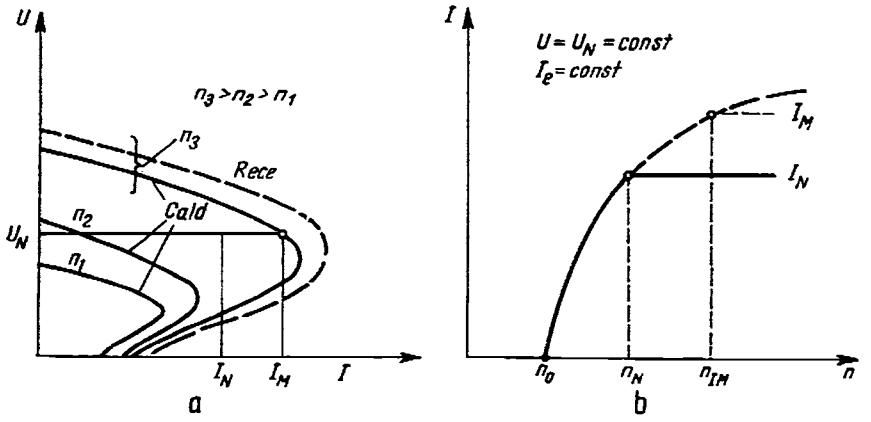


Fig. 3.4

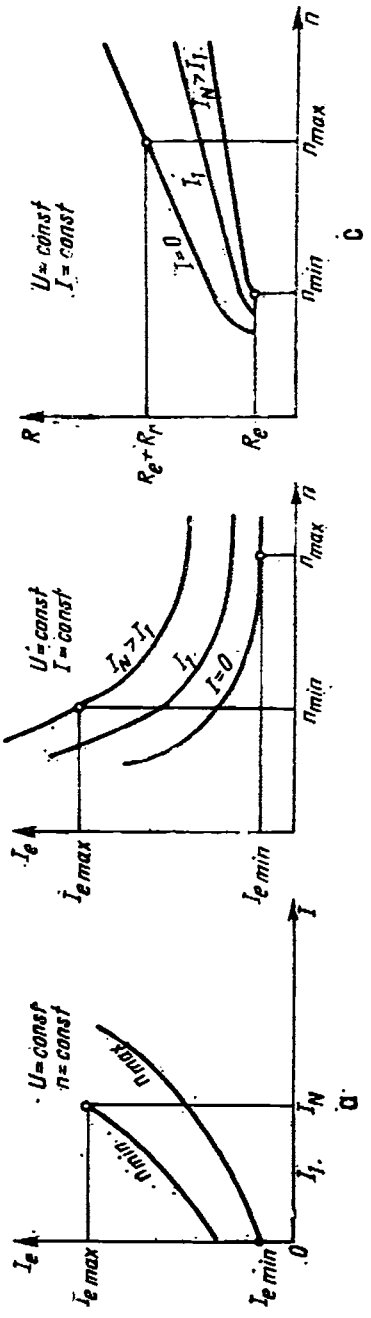


Fig. 3.5

Caracteristicile de mers în sarcină. La creşterea curentului de sarcină tensiunea la bornele dinamului derivaţie autoexcitat scade. Caracteristica externă (fig. 3.4, *a*) reprezintă dependenţa între tensiunea la borne şi curentul de sarcină pentru turaţii constante. Tensiunea la borne în sarcină este mai mică decît în gol datorită căderilor de tensiune pe rezistenţele indusului şi periilor, cum şi datorită distorsiunii cîmpului, care apare din cauza reacţiei indusului. Se observă că curenţii de scurtcircuit au o valoare mică datorită conexiunii derivaţie.

Caracteristicile externe sînt diferite pentru dinamul în stare caldă şi rece. Cu cît turaţia este mai mare cu atît curbele se deplasează mai sus şi tensiunea şi curentul generatorului cresc. Curentul maxim la turaţii ridicate poate fi de 2 · · ·4 ori mai mare decît curentul nominal. Pentru a menţine tensiunea la borne constantă în funcţie de turaţie şi sarcină şi pentru a limita curentul generatorului se utilizează relee regulatoare de tensiune şi de curent.

În practică interesează în mod deosebit *caracteristica în sarcină la turaţie variabilă* numită şi *caracteristică de debit* (fig. 3.4, *b*), care prezintă dependenţa între curentul generatorului şi turaţie, pentru tensiunea la borne constantă. Această caracteristică se determină de obicei pentru plină excitaţie la cald. Din această caracteristică se poate deduce turaţia nominală la care se obţine curentul nominal şi turaţia corespunzătoare curentului maxim.

Caracteristicile de reglaj. Pentru menţinerea constantă a tensiunii la bornele dinamului este necesar, după cum s-a arătat, să se varieze curentul de excitaţie în funcţie de curentul de sarcină şi de turaţie. Caracteristicile de reglaj în funcţie de curentul de sarcină (fig. 3.5, *a*)

arată modul în care trebuie să varieze curentul de excitație în funcție de curentul de sarcină la turații constante.

Întrucît la creșterea sarcinii tensiunea la borne scade, rezultă că pentru a o menține constantă este necesar să crească curentul de excitație.

Considerînd curenții de sarcină constanți și variind turația se pot obține caracteristicile de reglaj funcție de turație (fig. 3.5, *b*). Se observă că o dată cu creșterea turației, valoarea curenților de excitație trebuie să scadă, pentru a putea menține tensiunea la borne constantă.

Cunoscînd domeniile de variație ale turației și ale curenților de sarcină se pot deduce valorile maxime și minime necesare pentru curentul de excitație. Valoarea maximă a curentului de excitație $I_{e\ max}$ corespunde turației minime și curentului de sarcină maxim, iar valoarea minimă a curentului de excitație corespunde turației maxime la mersul în gol. Factorul de reglaj al curentului de excitație k este egal cu raportul dintre curentul de excitație maxim și minim

$$k = \frac{I_{e\ max}}{I_{e\ min}}. \tag{3.6}$$

Valoarea rezistențelor de reglaj se poate deduce din caracteristicile reostatice (fig. 3.5, *c*) care dau valoarea rezistenței din circuitul de excitație în funcție de turație, pentru ca la sarcini diferite tensiunea la borne să se mențină constantă.

3.3. CONSTRUCȚIA DINAMURILOR DERIVAȚIE PENTRU AUTOVEHICULE

Cele mai răspîndite dinamuri pentru autovehicule sînt cele cu înfășurarea de excitație derivație, avînd tipul de protecție închis. Principalele părți componente ale unui astfel de dinam sînt următoarele (fig. 3.6): carcasa *1*, piesele polare *2*, înfășurarea de excitație *3*, pachetul de tole *4*, arborele *5*, înfășurarea indusului *6*, colectorul *7*, scutul dinspre colector *8*, suportul de perii *9*, scutul de antrenare *10*. Pe carcasă sînt fixate bornele *11*, iar pe rotor fulia de antrenare *12*.

Statorul dinamului compus din carcasa cu polii și înfășurările de excitație constituie inductorul. Carcasa se execută din tablă roluită și sudată sau din țeavă, iar polii din oțel laminat sau forjat.

Înfășurările de excitație se execută din sîrmă de cupru izolată cu lac email izorelon, tereftalic sau viniflex. Bobinele se bandajează cu bandă de bumbac, se preformează după forma polului, se impregnează și se usucă. Capetele înfășurărilor se leagă, de obicei la borne sau la placa de borne, prin conductoare flexibile pentru a se evita ruperea lor datorită trepidațiilor de pe autovehicul.

Rotorul dinamului cuprinde pachetul de tole cu înfășurarea indusului, arborele și colectorul. Pentru pachetul de tole se folosește tablă silicioasă avînd pierderi specifice mici și permeabilitate ridicată. La capetele pachetului de tole se așază tole de capăt din material izolant pentru a evita atingerile la masă ale capetelor de înfășurare.

Pentru indusul dinamurilor autovehiculelor se utilizează atît înfășurări buclate cît și înfășurări ondulate. La dinamurile cu mai multe perechi de poli se preferă înfășurarea ondulată, întrucît este posibil să se utilizeze

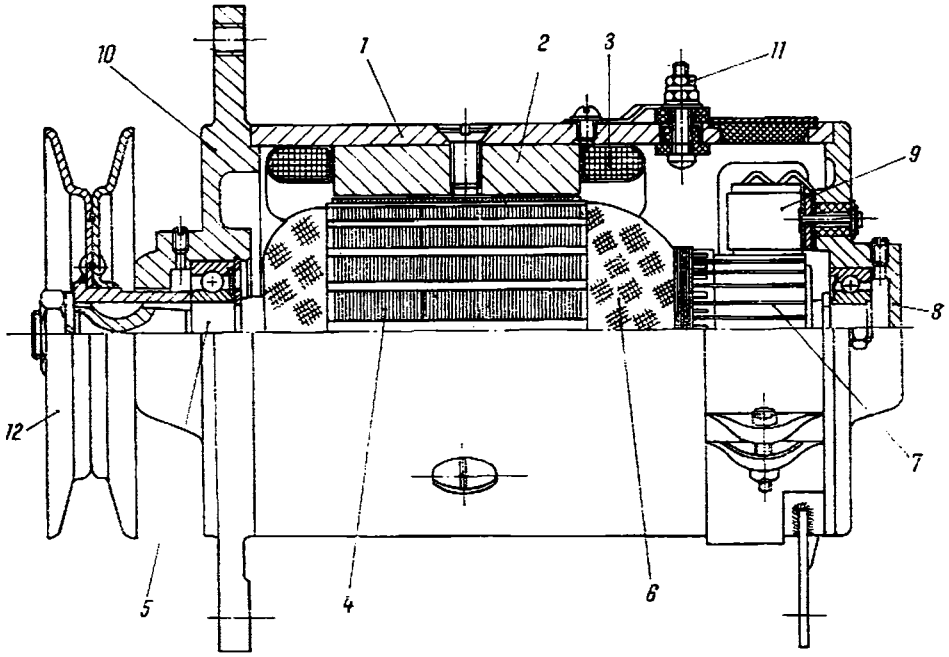


Fig. 3.6

numai două perii. După bobinare rotoarele se impregnează în mod asemănător înfășurărilor de excitație. Se utilizează de obicei colectoarele presate în masă plastică și uneori colectoare cu inele de strîngere nituite.

Pachetul de tole și colectorul se presează pe arborele motorului care se execută din oțel cu rezistență mecanică ridicată. Tot pe arbore se presează rulmenții, care pot fi deschiși pe o parte și în acest caz este necesară ungerea periodică, sau capsulați în care caz nu mai este necesară această ungere.

Scutul dinspre colector se execută din fontă sau din aliaj de aluminiu turnat sub presiune. Pe acest scut se fixează suportul de perii care trebuie să asigure o poziție bine determinată a acestora față de axa polilor. Arcu-

rile periilor trebuie să asigure forța prescrisă întrucît, în caz contrar se pot produce căderi de tensiune și scînteieri neadmise sau uzuri prea mari ale periilor și colectorului. Periile utilizate trebuie să corespundă condițiilor electrice și mecanice cerute de dinamuri și condițiilor climatice corespunzătoare mediului ambiant.

Scutul dinspre partea de antrenare are o construcție mai robustă decît cel dinspre colector, întrucît în el se montează rulmentul cel mai

Tabelul 3.1

Caracteristicile principale ale dinamurilor

Datele tehnice	Tipul produsului			
	G450	3G 300 U	G22 (URSS)	D115/12/18/4 (ITALIA)
Tensiunea de nominală (sau de lucru), V	12	12	12,5	12
Puterea nominală, W	360	300	200	400
Curentul nominal, A	30	20	16	28
Turația inițială, rot/min	—	1250+300 −100	1550 (1650)	—
Turația nominală la cald (și la rece), rot/min	2700 (1800)	1900±400	2600 (2400)	2250±100 (1450±50)
Turația maximă, rot/min	5600	3600	7500	10 200
Curentul de mers ca motor, A	—	9	5	—
Greutatea, kg	10,8	14	7,1	

solicitat. Șaiba de antrenare se execută fie din piese din tablă ambutisată și nituită fie din fontă.

În tabelul 3.1 sînt arătate principalele date caracteristice ale unor dinamuri derivație utilizate pe autovehicule în țara noastră, iar în tabelul 3.2 principalele date constructive.

3.4. ÎNCERCĂRILE DINAMURILOR DERIVAȚIE PENTRU AUTOVEHICULE

Datele principale ale dinamurilor care trebuie să fie menționate pe eticheta lui sînt — tipul, tensiunea nominală și puterea nominală. La acestea se poate adăuga turația nominală, puterea maximă și turația maximă.

Tabelul 3.2

Datele constructive principale ale dinamurilor

Date tehnice	Tipul dinamului			
	G 450	3G 300 U	G 22 (URSS)	D 115 (ITALIA)
Diametrul exterior al carcasei, mm	124	126	—	115
Diametrul exterior al rotorului mm	76,2	81	—	70
Lungimea pachetului de tole al rotorului, mm	57	91	—	—
Numărul de poli	2	4	2	—
Numărul de crestături	14	21	15	—
Înfăşurarea indusului				
Tipul înfăşurării		ondulat	buclat	
Numărul de conductoare pe crestătură	20	8×2	20	—
Dimensiunile conductorului neizolat, mm	Ø1,5	2×Ø1,5	Ø1,0	—
Rezistenţa înfăşurării între perii, Ω	0,104	—	—	0,135...0,155
Presiunea periei, kgf	—	0,46...0,6	1,6...1,85	0,6...0,72
Tipul periei	—	E 344	E G13	—
Înfăşurarea de excitaţie				
Numărul de spire pe bobină	320	180	315	—
Diametrul conductorului neizolat, mm	0,75	0,8	0,72	—
Rezistenţa înfăşurării (20°C), Ω	7,8	23,4	7,28	7,7...8,1

Înainte de începerea încercărilor se verifică dimensiunile de gabarit şi montaj, punerea la masă şi sensul de rotaţie. Încercările dinamurilor cuprind : verificări ale caracteristicilor de debit, mersului ca motor, mersului la turaţie maximă şi ale încălzirii, care se efectuează pe bancul pentru generatoare şi verificări de tip complete care necesită utilaje suplimentare.

Verificarea caracteristicilor de sarcină la tensiune constantă. În prealabil se verifică autoexcitarea dinamului, întrerupînd legătura dintre dinam şi baterie şi conectînd voltmetrul la borna plus a dinamului (fig. 2.10, *a*.) Autoexcitarea este corespunzătoare dacă se observă creşterea tensiunii o dată cu creşterea turaţiei.

Caracteristicile de sarcină la tensiunea constantă se pot determina la rece (20°C) sau la cald. În ultimul caz este necesară o stabilizare termică, spre exemplu prin antrenarea timp de 1 ··· 2 h la turaţia de 1,2 n_N cu dinamul debitînd pe o rezistenţă la sarcină nominală. Verificarea caracteristicilor de sarcină constă în determinarea turaţiilor la care se obţine

tensiunea prescrisă (de lucru) pentru diferite sarcini. De obicei se verifică turația inițială, turația nominală și turația la sarcină maximă.

Încercarea în regim de motor. Această încercare se face la rece (20°C) alimentînd dinamul de la o baterie cu tensiunea nominală și măsurînd curentul absorbit după funcționarea prealabilă de 3 min. Curentul absorbit nu trebuie să depășească valoarea prescrisă.

Verificarea la turația maximă. Această încercare se face timp de 30 s, dinamul funcționînd cu releul regulator. Uneori se face și o încercare timp de 24 h la curentul maxim, tensiunea nominală și o turație cuprinsă între turația sarcinii maxime și turația maximă. La aceste încercări nu trebuie să apară perturbări în funcționarea dinamului.

Verificarea încălzirii. În cazul dinamurilor cu ventilator această verificare se face prin funcționarea pe banc pînă la stabilizarea temperaturii (1 ···2 h) la tensiunea nominală, curentul nominal, turația 1,2 n_N cu excitația stabilită corespunzător.

La dinamurile care pe autovehicule sînt ventilate de aerul exterior (cazul tractoarelor), încercarea se face în regimul nominal suflînd dinamurile axial spre șaiba de transmisie cu aer cald la 55°C. Dacă nu se poate realiza această ventilație, se admite încercarea dinamurilor pe banc, neventilate, cu o sarcină corespunzătoare la 70% din curentul nominal. Supratemperaturile admise sînt de obicei 90°C pentru înfășurări, determinate prin metoda rezistenței, și 90°C pentru colector, determinate cu termometrul. Unele firme (de ex. FIAT) prescriu supratemperaturi ale carcasei de max. 30°C și ale colectorului de max. 65°C.

Îndată după verificarea încălzirii se obișnuiește să se verifice funcționarea dinamului cu plină excitație la turația inițială, turația nominală și turația de sarcină maximă.

După verificarea funcționării dinamurilor, se obișnuiește să se facă următoarele *verificări privind comportarea la solicitări electrice și mecanice* : comutația, supraturația, rezistența de izolație și rigiditatea dielectrică. Verificarea comutației se face pentru regimul nominal, admițîndu-se scînteieri sub o mare parte a periilor, iar proba de supraturație se face timp de 2 min la o turație cu 20% mai mare decît turația maximă din exploatare.

Rezistența de izolație în stare uscată măsurată cu megohmmetrul de 500 V pe subansamble trebuie să fie mai mare de 2 MΩ, iar tensiunea de străpungere trebuie să corespundă la 500 V timp de 1 min.

În cadrul încercărilor de tip în afara probelor arătate mai sus se face *verificarea comportării dinamurilor la influența factorilor exteriori* care apar în exploatare ; funcționarea la variații de temperatură, rezistența la umiditate, tipul de protecție, comportarea la vibrații și scuturături. Aceste încercări sînt prevăzute în normele cu condiții tehnice generale ale echipamentului electric.

Încercarea de durată pe banc. Dinamul cu ventilatorul respectiv se încearcă împreună cu releul regulator corespunzător, la turații și sarcini constante sau variabile. În primul caz încercarea se face la turația și sar-

cina nominală. În al doilea caz se stabileşte un regim de sarcini şi turaţii variabile după un anumit program. Spre exemplu cicluri de 10 h cu: 3 h la turaţia nominală cu mers în sarcină parţială, nominală şi în gol; 1 h la turaţia maximă cu mers la sarcină parţială, nominală, maximă şi în gol şi 6 h la turaţie medie între nominală şi maximă, cu mers în sarcină parţială, nominală, maximă şi în gol. Proba durează 1000 h după care se verifică caracteristicile şi izolaţia. Se măsoară presiunea periilor înainte şi după încercarea de durată. Se admite schimbarea periilor în timpul încercării dacă acest lucru este prevăzut (spre exemplu după 300 h de funcţionare).

Menţionăm că înainte de încercările pe banc ale dinamurilor trebuie verificate unele subansamble (rezistenţa înfăşurărilor, presiunea periilor, bătaia colectorului, adîncimea canelurilor la colector, ungerea rulmenţilor etc.).

Exploatarea dinamurilor. Experienţa arată că un dinam bine adaptat poate avea o durată lungă de funcţionare, dacă este exploatat corespunzător. Funcţionarea normală se poate observa cu ajutorul ampermetrului sau lămpii de control de la bord. În general se recomandă următoarele verificări periodice :

La 5000 · · ·10 000 km este necesar controlul întinderii curelei de antrenare a dinamului. Dacă este necesar se va reface întinderea acesteia. La 10 000 · · ·20 000 km se controlează uzura periilor şi starea colectorului. În general periile pentru dinam trebuie să poată fi utilizate 20 000 · · ·45 000 km. Peria trebuie să culiseze uşor în suportul periei, care la nevoie trebuie curăţit. De asemenea presiunea periilor trebuie să corespundă prescripţiilor. Colectorul trebuie să aibă o suprafaţă netedă şi să nu prezinte bătăi mai mari decît valorile admise.

În cazul dinamurilor prevăzute cu ungătoare pentru rulmenţi, este necesar să se facă ungerea la intervalele şi cu unsoarea prevăzută în instrucţiuni. În ultimul timp dinamurile sînt prevăzute cu rulmenţi capsulaţi care nu mai necesită ungerea periodică.

În cazul în care un dinam nu a funcţionat un timp îndelungat este necesar uneori să se facă polarizarea (excitarea) acestuia de la baterie, înainte de punerea lui în funcţiune.

3.5. CLASIFICAREA ALTERNATOARELOR PENTRU AUTOVEHICULE

În ultimul timp, o dată cu perfecţionările aduse autovehiculelor au apărut cerinţe noi legate de sistemul de alimentare, care nu mai pot fi rezolvate prin utilizarea soluţiilor clasice cu dinamuri. Astfel s-a pus problema măririi puterii electrice instalate ţinînd seama de creşterea numărului şi puterii consumatorilor. De asemenea o dată cu modificarea regimului de mers al autovehiculelor în oraşe cu circulaţie intensă, datorită

pornirilor şi opririlor dese, a rezultat necesitatea încărcării bateriilor la turaţii mici şi chiar la turaţiile de mers în gol ale motoarelor.

Mărirea puterilor şi micşorarea turaţiilor ar determina în cazul dinamurilor o creştere neeconomică a dimensiunilor de gabarit şi greutăţii acestora. Pe de altă parte o mărire a raportului de transmisie de la motorul autovehiculului la generator ar conduce la turaţii prea ridicate ale dinamurilor, favorizînd producerea scînteilor la colector şi micşorarea duratei de viaţă a pieselor componente. Rezolvarea în mare măsură a problemelor arătate a devenit posibilă prin înlocuirea dinamurilor cu alternatoare.

Alternatoarele pentru autovehicule sînt generatoare sincrone prevăzute cu redresoare statice, care folosesc de obicei diode cu siliciu şi ca urmare nu mai necesită colectoare cu lamele ca în cazul dinamurilor (fig. 3.7). O dată cu înlăturarea deficienţelor legate de colectoare, s-a putut reduce

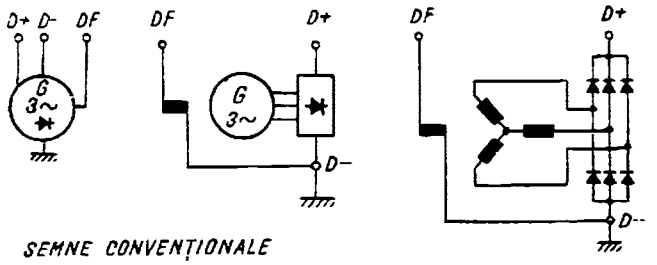


Fig. 3.7

greutatea specifică a generatoarelor şi s-a mărit durata lor de funcţionare. Alternatoarele necesită în general relee regulatoare mai simple, fără conjunctor-disjunctoare şi fără limitatoare de curent.

În scopul unei utilizări corespunzătoare a alternatoarelor pe autovehicule, este necesar să se cunoască avantajele şi dezavantajele diferitelor tipuri constructive. În decursul timpului, construcţia generatoarelor şi a redresoarelor a evoluat determinînd diversificarea acestora.

În cele ce urmează se prezintă o clasificare a alternatoarelor pentru autovehicule din punct de vedere a formei constructive, a tipului redresorului şi a schemei de conectare a excitaţiei.

3.5.1. ALTERNATOARE CU DIFERITE CONSTRUCŢII ALE ROTOARELOR

În general alternatoarele pentru autovehicule se construiesc cu indusul în stator şi inductorul în rotor. Inductorul poate fi cu excitaţie electromagnetică sau cu magnet permanent. La rîndul lor alternatoarele cu excitaţie electromagnetică se împart în alternatoare cu inele colectoare şi fără inele colectoare.

În prezent construcția cea mai răspîndită este cea a alternatorului cu excitație electromagnetică cu inele colectoare, avînd polii inductorului în formă de gheare (fig. 3.8, *a*) (firmele Bosch—R.F.G ; Ducellier—Franța ; Lucas—Anglia ; Motorola—S.U.A. etc.). La acest tip, înfășurarea de excitație se compune dintr-o singură bobină așezată concentric pe miezul

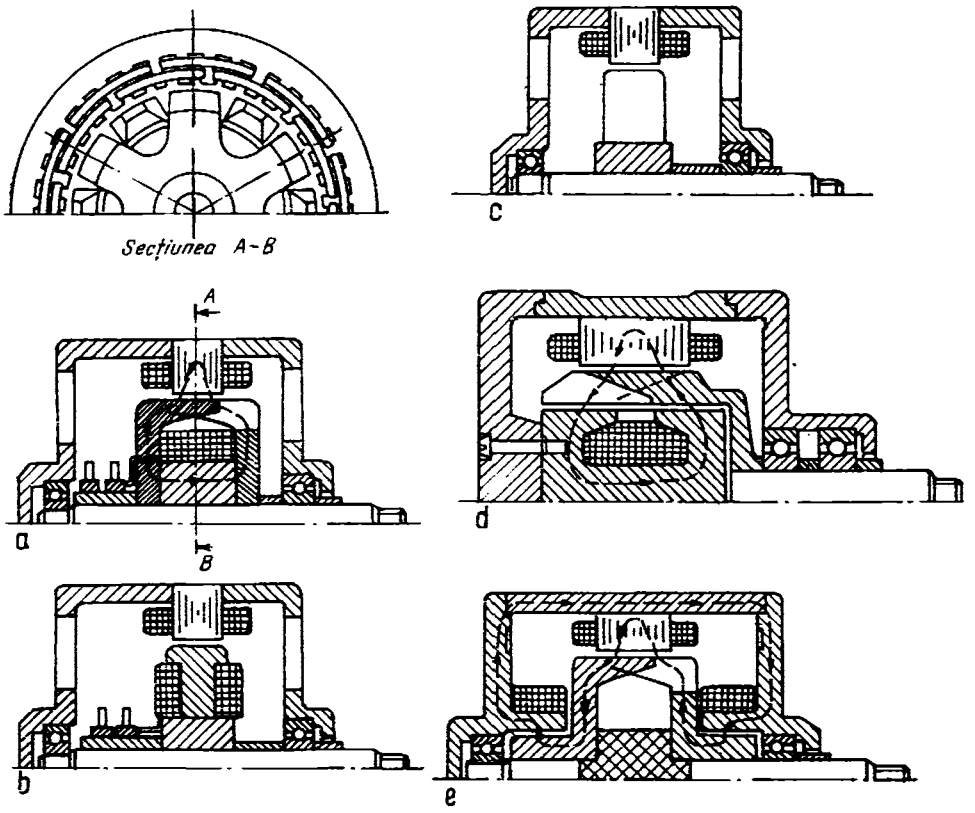


Fig. 3.8

rotorului, ceea ce permite o construcție simplă și economică. Datorită polilor în formă de gheare și a suprafețelor trapezoidale a tălpilor acestora se poate obține o formă convenabilă a curbelor tensiunilor induse de generator.

Alternatorul cu rotorul avînd poli aparenți (fig. 3.8, *b*) are înfășurarea de excitație repartizată pe poli (firma FIAT—Italia etc.). Întrucît construcția este mai complicată și mai neeconomică decît cea precedentă, acest tip de alternator este din ce în ce mai puțin utilizat.

Pentru a elimina contactele alunecătoare s-au realizat şi alternatoare cu magnet permanent (fig. 3.8, *c*), la care neavînd înfăşurarea în rotor, se poate creşte viteza de rotaţie şi ca urmare se poate reduce gabaritul şi greutatea (firma Ducatti-Italia etc.). De asemenea se poate ameliora randamentul datorită scăderii pierderilor ohmice în înfăşurarea de excitaţie şi a celor magnetice, o dată cu reducerea lungimii conductoarelor indusului şi a volumului de fier. Trebuie să arătăm că aceste alternatoare prezintă dificultăţi legate de execuţia magnetului permanent care după cum se ştie se execută cu aliaje dure şi casante. De asemenea datorită absenţei înfăşurării de excitaţie apar unele dificultăţi legate de reglarea tensiunii.

Dintre alternatoarele cu excitaţie electromagnetică fără inele colectoare amintim alternatoarele cu întrefier dublu. În fig. 3.8, *d* este arătat un alternator cu două întrefieruri avînd înfăşurarea de excitaţie statorică în interiorul rotorului. În acest caz este necesar un comutator magnetic care are formă de pahar (clopot) şi cuprinde piesele polare unite prin material nemagnetic.

În fig. 3.8, *e* este arătat un alternator cu două întrefieruri avînd înfăşurările de excitaţie statorice în exteriorul rotorului. Alternatoarele cu întrefier dublu au avantajul eliminării inelelor colectoare prin utilizarea unui inductor fix, în schimb prezintă o construcţie mai complicată datorită întrefierului dublu şi necesită relee regulatoare speciale pentru reglarea excitaţiei. Trebuie menţionat că se prevede o extindere a fabricaţiei acestui tip de alternatoare în special pentru puteri mari, întrucît ele au un moment de inerţie mic al rotorului şi permit o accelerare mai uşoară.

Trebuie să amintim că soluţia alternatoarelor fără inele colectoare, cu înfăşurările inductorului plasate în stator, alături de cele ale indusului, deşi pare o soluţie simplă, nu a putut fi utilizată, fiind neeconomică. În acest caz fluxul magnetic în întrefier nu mai variză de la maximul pozitiv la maximul negativ, ci numai între zero şi maxim, ceea ce constituie un serios dezavantaj.

3.5.2. ALTERNATOARE CU DIFERITE TIPURI DE REDRESOARE

Alternatoarele pentru autovehicule diferă în ceea ce priveşte numărul elementelor redresoare utilizate, în funcţie de numărul de faze şi de numărul de alternanţe redresate.

Pentru a obţine o tensiune redresată cu pulsaţii cît mai mici şi în acelaşi timp o putere utilă cît mai mare este avantajos să se utilizeze alternatoare trifazate cu redresarea ambelor alternanţe. Alternatoarele trifazate cu redresor în punte avînd şase diode (fig. 3.9, *a*) realizează aceste cerinţe, tensiunea maximă (de vîrf) la borne fiind practic egală cu valoarea medie a tensiunii redresate. Frecvenţa pulsaţiilor este mare (de 6 ori frecvenţa de bază), iar vîrfurile de curent la funcţionarea pe baterie sînt mici.

Din considerente economice este rentabil în anumite cazuri să se reducă numărul de diode redresoare. Se poate realiza un alternator trifazat cu

redresor avînd priză mediană, care cuprinde numai trei diode şi redresează cîte o singură alternanţă (fig. 3.9, *b*). Un astfel de alternator este mai economic din punct de vedere al redresorului decît cel cu şase diode, în schimb relizează numai 70 · · ·80% din puterea acestuia, are valori ale pulsaţiilor de tensiune ceva mai mari şi o frecvenţă a lor mai mică.

Alternatorul monofazat cu redresor în punte (fig. 3.9, *c*) cuprinde patru diode şi redresează ambele alternanţe. Este mai puţin economic

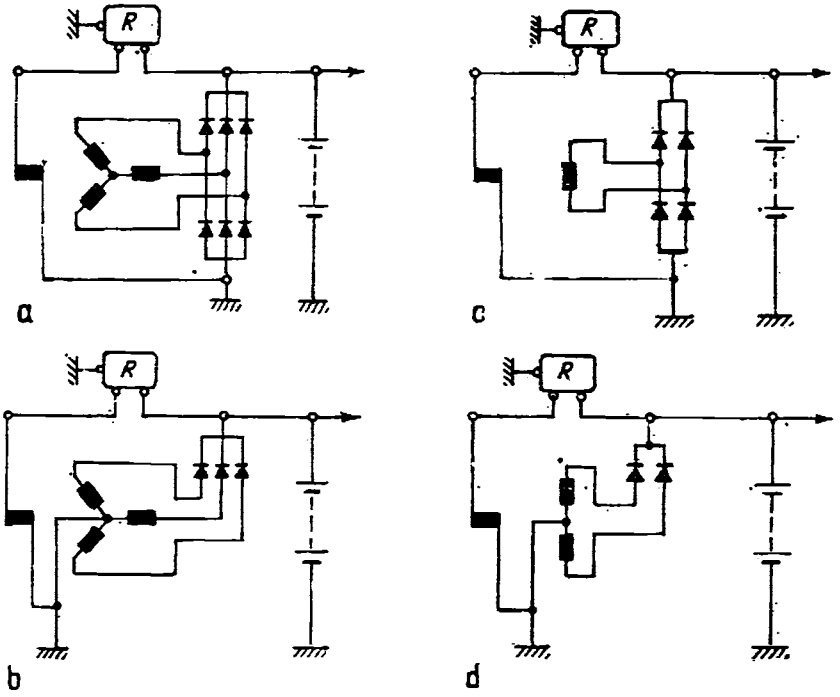


Fig. 3.9

din punct de vedere al redresorului şi realizează puteri specifice mai mici decît alternatorul cu trei diode.

Cel mai economic din punct de vedere al redresorului este alternatorul monofazat cu redresor avînd priză mediană (fig. 3.9, *d*) care cuprinde numai două diode şi redresează cîte o singură alternanţă. Acest alternator realizează aproximativ 60% din puterea alternatorului cu şase diode, valoarea pulsaţiilor de tensiune este mai mare şi frecvenţa lor mai mică decît a alternatoarelor cu şase şi cu trei diode.

La alegerea tipului de alternator, în afară de preţul diodelor trebuie luate în considerare şi caracteristicile tehnice al acestora, întrucît în cazul

schemelor cu trei şi două diode apar solicitări mai mari ale diodelor. De asemenea la alternatoarele cu număr redus de diode trebuie rezolvate probleme legate de zgomotul magnetic, construcţia releului regulator etc.

În prezent cele mai răspîndite sînt alternatoarele trifazate cu şase diode avînd puteri mai mari decît 500 W. Pentru puteri sub 500 W, unele firme străine au început să folosească la autoturisme alternatoare monofazate cu două diode (de ex. Ducellier—Franţa).

Menţionăm că perfecţionarea constructivă a alternatoarelor este strîns legată de evoluţia fabricaţiei redresoarelor. În timp ce primele alternatoare pentru autovehicule au fost realizate cu redresoare cu seleniu, în prezent se utilizează aproape exclusiv redresoarele cu diode cu siliciu, iar în viitor se întrevede trecerea la redresoare cu circuite integrate. Redresoarele cu circuite integrate vor avea un gabarit mai mic şi probabil un preţ de cost mai scăzut.

3.5.3. ALTERNATOARE CU DIFERITE SCHEME DE CONECTARE ALE EXCITAŢIEI

Schemele sistemelor de alimentare cu alternator diferă de schemele sistemelor de alimentare cu dinam, datorită particularităţilor de conectare ale excitaţiei şi ale releului regulator. De obicei schemele cu alternator după cum s-a mai arătat, nu necesită relee conjunctor-disjunctoare ca în cazul dinamurilor, întrucît redresoarele îndeplinesc rolul de separator între baterie şi înfăşurarea indusului împotriva curenţilor inverşi.

Dacă înfăşurarea de excitaţie se conectează prin intermediul releului de tensiune, direct la borna bateriei (fig. 3.9, *a*), prina ea va trece curent chiar în timpul cînd motorul este oprit, ceea ce nu este de dorit. O separare completă a excitaţiei faţă de baterie ar avea la rîndul său dezavantaje, întrucît alternatoarele se autoamorsează greu la pornire, magnetismul remanent al polilor fiind în general insuficient.

Schemele de conectare a excitaţiei trebuie să asigure întreruperea alimentării excitaţiei în timpul opririi motorului şi să permită alimentarea de la baterie a excitaţiei în timpul mersului, direct sau printr-o rezistenţă de amorsare. Cea mai simplă şi mai economică separare a excitaţiei o realizează schema de conectare prin comutator de contact, aplicată spre exemplu de firma RENAULT—Franţa (fig. 3.10, *a*). Această schemă are dezavantajul că în cazul în care se uită comutatorul de contact conectat în timpul opririi, permite descărcarea bateriei cu un curent egal cu curentul total de excitaţie.

Schema de conectare cu releu conjunctor-disjunctor pentru excitaţie, aplicată de firma Delco-Remy—S.U.A. (fig. 3.10, *b*), diferă de schemele utilizate pentru dinamuri prin aceea că releul conjunctor-disjunctor acţionează numai asupra excitaţiei şi este alimentat de la una din înfăşurările indusului (v. şi fig. 4.31, *a*). Se observă prezenţa unei rezistenţe de amorsare (sau bec), care permite alimentarea excitaţiei de la baterie cît timp este conectat comutatorul de contact.

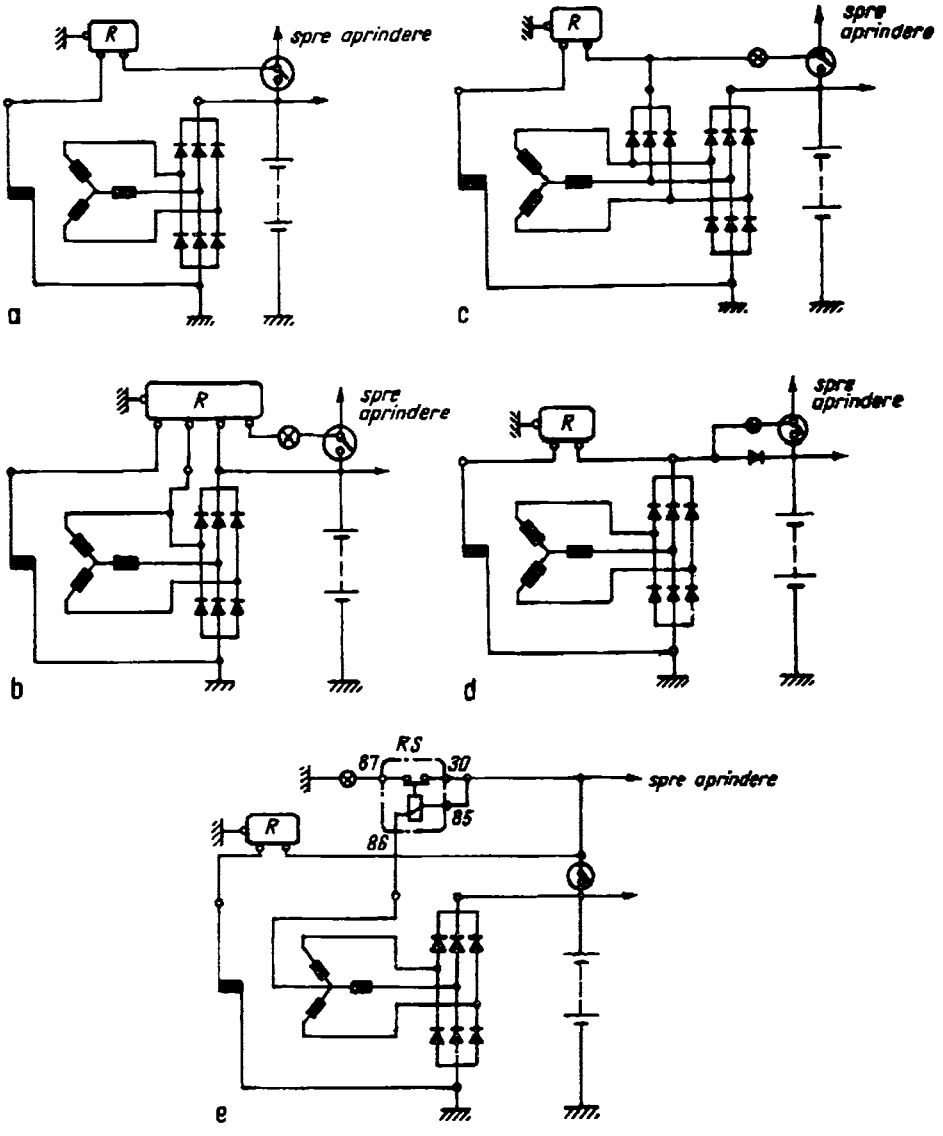

R
spre aprindere
a
R
spre aprindere
c
R
spre aprindere
b
R
spre aprindere
d
RS
87
30
85
86
R
spre aprindere
e

Fig. 3.10

Alimentarea excitației prin trei diode suplimentare conectare la înfășurările de curent alternativ, aplicată de firma Bosch—R.F.G. (fig. 3.10, *c*), are avantajul că elimină releul conjunctor-disjunctor pentru excitație și deficiențele legate de prezența contactelor acestuia. Alimentarea excitației la pornire se face prin rezistența de amorsare.

Alte firme ca de exemplu Motorola—S.U.A., realizează separarea excitației printr-o singură diodă de separare conectată între alternator și baterie, avînd în paralel o rezistență de amorsare (fig. 3.10, *d*). Dioda de separare în acest caz este de putere mare, trebuind să suporte întregul curent al alternatorului. Schema prezintă avantajul că protejează indusul în cazul defectării diodelor din punte.

O soluție de compromis se obține prin schema de conectare a excitației cu comutator de contact și cu releu de semnalizare, utilizată de firma FIAT—Italia (fig. 3.10, *e*). În această schemă releul de semnalizare este alimentat de la borna neutră a alternatorului și întrerupe circuitul de alimentare al becului de semnalizare, îndată ce tensiunea alternatorului depășește o anumită valoare. Această schemă se utilizează la alternatoarele românești pentru tractoare.

La alegerea schemelor de conectare a excitației alternatoarelor trebuie să se țină seama atît de condițiile de utilizare ale acestora cît și de alte aspecte tehnico-economice.

3.6. CARACTERISTICILE DE FUNCȚIONARE ALE ALTERNATOARELOR

Regimurile de funcționare ale alternatoarelor pentru autovehicule cuprind funcționarea în gol, în sarcină și eventual în scurtcircuit, corespunzătoare diferitelor sarcini și turații de antrenare. În cele ce urmează ne vom referi numai la alternatoare cu excitație electromagnetică cu redresoare avînd diode semiconductoare.

Pentru început vom analiza caracteristicile de funcționare ale redresoarelor utilizate pentru aceste alternatoare.

3.6.1. CARACTERISTICILE DIODELOR REDRESOARE PENTRU ALTERNATOARE

În prezent pentru alternatoarele autovehiculelor se utilizează practic numai diode redresoare cu siliciu, întrucît acestea suportă curenți mai mari și temperaturi de funcționare mai ridicate decît diodele cu germaniu sau celulele cu seleniu.

Principalii parametri electrici care interesează în legătură cu caracteristicile de exploatare ale diodelor pot fi găsiți în lucrarea „Redresoare

cu semiconductoare" de M. Gudumac apărută în „Colecţia electricianului" pag. 38.

Caracteristicile diodelor redresoare pot fi împărţite în caracteristici directe, caracteristici inverse şi caracteristici dinamice. În fig. 3.11 sînt reprezentate aceste caracteristici.

Caracteristicile directe sînt definite prin curba care dă variaţia căderii de tensiune anod-catod, în funcţie de intensitatea curentului care traversează dioda. După cum rezultă din fig. 3.11, *a*, căderea de tensiune creşte

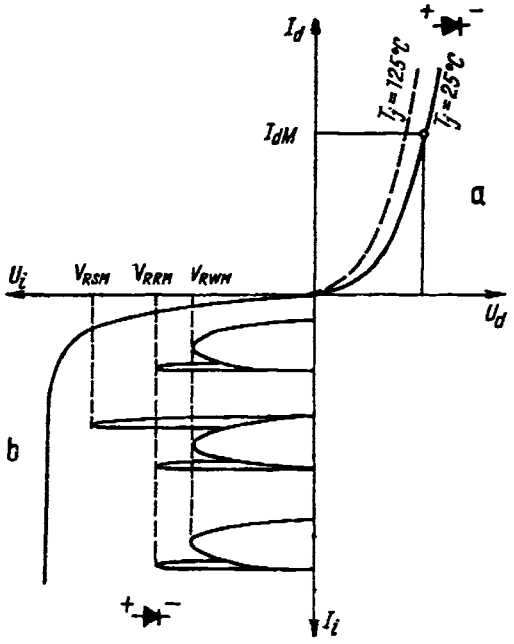


Fig. 3.11

o dată cu creşterea curentului. Pentru un curent dat, căderea de tensiune este cu atît mai mică cu cît temperaturile sînt mai ridicate. Într-adevăr la temperaturi ridicate agitaţia moleculară este intensă şi are loc producerea electronilor liberi care micşorează rezistivitatea cristalului.

În cazul diodelor cu siliciu pentru alternatoare auto, arătăm spre exemplu că la temperaturi ambiante de 25°C, pentru curenţi direcţi $I_d = 10 \cdots 50$ A corespund căderi de tensiune $U_d = 0{,}5 \cdots 1$ V.

Rezultă că valoarea rezistenţelor diodelor auto în sens direct este de ordinul de mărime

$$R_d = \frac{U_d}{I_d} = 0{,}1 \cdots 0{,}01\ \Omega.$$

Caracteristicile inverse arată variația curentului invers în funcție de tensiunea inversă, pentru o anumită temperatură a joncțiunii. Din fig. 3.11, *b* se vede că atunci cînd crește tensiunea, crește și curentul invers. Dacă tensiunea depășește o anumită valoare se constată o creștere bruscă a curentului. Aceasta se explică prin faptul că la intensități mari ale cîmpului electric exterior se ajunge să se distrugă rețeaua cristalină, ceea ce duce la deteriorarea diodei.

În ceea ce privește influența temperaturii asupra caracteristicii inverse se constată că cu cît temperatura este mai ridicată cu atît crește curentul invers. Pentru acest motiv se obișnuiește uneori ca valorile curenților inverși să se determine la cald.

Considerînd că pentru tensiuni inverse $U_i = 100 \cdots 500$ V corespund curenți inverși $I_i < 3$ mA rezultă ordinul de mărime al rezistențelor diodelor auto în sens invers.

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = 10^4 \cdots 10^6\ \Omega.$$

Caracteristicile dinamice. În funcționare pot să apară regimuri tranzitorii cu tensiuni sau suprasarcini accidentale. Spre exemplu în cazul instalației electrice a autovehiculelor apar uneori vîrfuri de tensiune parazite, care sînt de cîteva ori mai mari decît valoarea de creastă a tensiunii sinusoidale a alternatorului. Aceste vîrfuri parazite produse de punerea sau scoaterea din funcțiune a sarcinilor inductive, releelor, bobinelor etc. au energii mai mult sau mai puțin importante, care trebuie să fie suportate de diode.

Din această cauză pentru o tensiune efectivă dată (corespunzătoare la $V_{RM}^{*}/\sqrt{2}$) este necesar să se adopte un factor de securitate de 2 sau 3 (corespunzător pentru V_{RSM}^{*}), după cum se poate vedea în fig. 3.11, *b*.

În cazul suprasarcinilor, dioda poate suporta un timp determinat un curent de creastă superior curentului mediu pentru care este destinată. Curbele de suprasarcină admisibilă arată numărul de perioade în regim sinusoidal în care o anumită valoare de creastă poate fi acceptată. Este evident că joncțiunea neputînd suporta decît o temperatură determinată, numărul de suprasarcini va fi cu atît mai redus cu cît valoarea fiecărei din ele va fi mai mare. În orice caz, temperatura joncțiunii nu trebuie să depășească o anumită limită, aceasta definind un timp maximal pentru fiecare regim de suprasarcină.

Spre exemplu curentul de suprasarcină de scurtă durată (I_{FSM}^{*}) pentru un timp de 10 ms poate fi de 5...10 ori mai mare decît curentul nominal ($\pi I_{F_{AV}}$).

Pentru a stabili domeniul temperaturilor de funcționare a diodelor trebuie să arătăm că în general temperatura admisă pentru joncțiunea diodei T_j este cuprinsă între $-40°$ și $+ 175°$C (corespunzătoare temperaturilor de stocaj).

În timpul funcționării apare o cădere de temperatură între joncțiune și carcasa diodei, care depinde de puterea disipată P_d și rezistența termică joncțiune-carcasă R_{TJC}. În general diodele cu siliciu au

$$R_{TJC} = 0{,}5 \ldots 2 \frac{°C}{W}.$$

Se poate deduce temperatura carcasei cu ajutorul relației

$$T_c = T_j - \Delta T_{JC} = T_j - P_d R_{TJC}, \tag{3.7}$$

în care

$$P_d = U_d I_a. \tag{3.8}$$

Considerînd temperatura joncțiunii $T_j = 175°C$, puterea disipată $P_d = 25$ W și rezistența termică $R_{TJC} = 1 \frac{°C}{W}$, rezultă o temperatură maximă a carcasei $T_c = 150°C$.

În mod asemănător avem o cădere de temperatură între carcasa diodei și radiator. În cazul unui radiator corespunzător și a unei presări corespunzătoare, rezistența termică carcasă-radiator este $R_{TCR} = 0{,}5 \frac{°C}{W}$. Ținînd seama de răcirea radiatorului, apare o cădere de temperatură și între radiator și mediul ambiant. Rezistența termică radiator-mediul ambiant variază în limite largi

$$R_{TRA} = 1 \ldots 5 \frac{°C}{W}.$$

Între temperatura ambiantă T_a și temperatura joncțiunii T_j există relația

$$T_j = T_a + P_d (R_{TJC} + R_{TCR} + R_{TRA}). \tag{3.9}$$

Se poate deduce din cele de mai sus că pentru o anumită diodă și un anumit radiator, pe măsură ce crește temperatura ambiantă trebuie să scadă curentul admis prin diodă. În fig. 3.12, curba *1* se referă la dioda fără radiator, curba *2* la diodă cu radiator neventilat și curba *3* la dioda cu radiator ventilat.

Frecvența de lucru a diodelor este cuprinsă între 15 și 1500 Hz.

Avînd în vedere solicitările mecanice de pe autovehicule, diodele trebuie să reziste la încercarea de vibrații. Spre exemplu după menținere

timp de 30 min sub vibrații cu amplitudinea 10 ·9,81 m/s² și frecvența 0...70 Hz și sub o tensiune inversă de 70 V c.c., nu trebuie să se constate o modificare a caracteristicilor diodelor.

Diodele pentru autovehicule nu trebuie să prezinte o modificare a etanșeității după 20 000 de variații de temperatură cu o diferență de 120°C. Funcționarea în condiții climatice diferite se verifică prin încercări ciclice în medii cu anumită umiditate și salinitate.

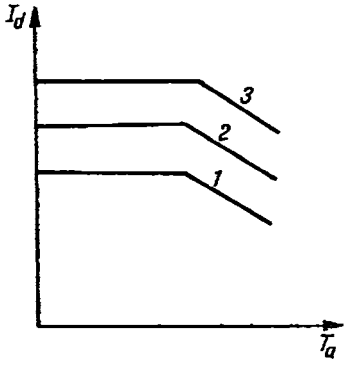


Fig. 3.12

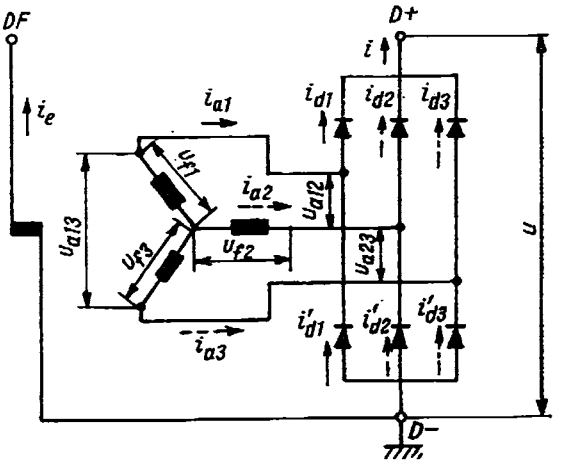


Fig. 3.13

3.6.2. CARACTERISTICILE SCHEMELOR DE REDRESARE PENTRU ALTERNATOARE

După cum s-a arătat, la alternatoarele autovehiculelor cea mai răspîndită este schema de redresare trifazată în punte. Redresorul trifazat în punte (fig. 3.13) cuprinde șase diode și asigură redresarea ambelor alternanțe ale curentului. În fiecare moment funcționează dioda din grupa diodelor pozitive care are potențialul anodului (bornei pozitive) cel mai ridicat și dioda din grupa diodelor negative, care are potențialul catodului (bornei negative) cel mai scăzut.

Ca de exemplu, în șesimea de perioadă cuprinsă între $\frac{T}{6}$ și $\frac{2T}{6}$ curentul trece prin diodele *1* și *2* întrucît acestea se află la potențialele externe. În șesimea de perioadă cuprinsă între $\frac{2T}{6}$ și $\frac{3T}{6}$ curentul trece prin diodele *1* și *3*. Fiecare diodă conduce timp de o treime de perioadă.

În fig. 3.14 şi 3.15 sînt reprezentate diagramele tensiunilor şi curenţilor folosind notaţiile din fig. 3.13. După cum se poate vedea tensiunea redresată urmăreşte vîrfurile tensiunilor între faze şi are o frecvenţă de 6 ori mai mare decît frecvenţa de bază. Tensiunile inverse aplicate diodelor corespund

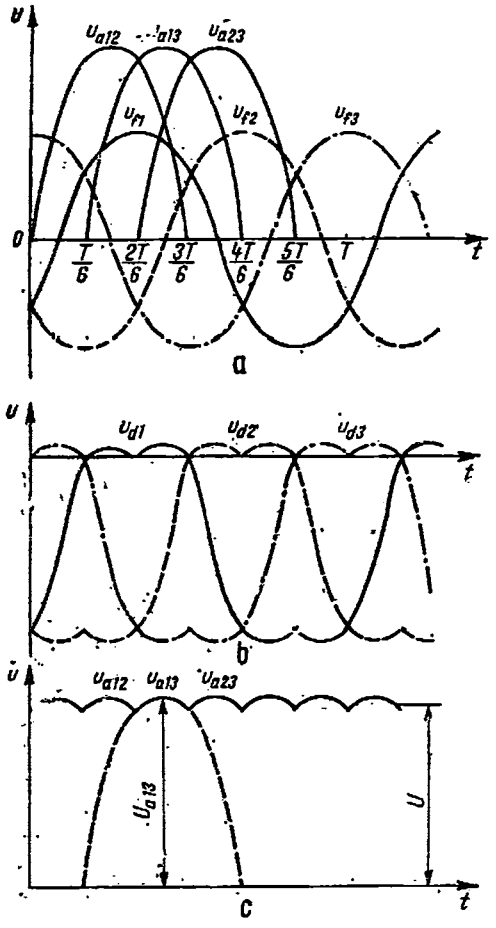


Fig. 3.14

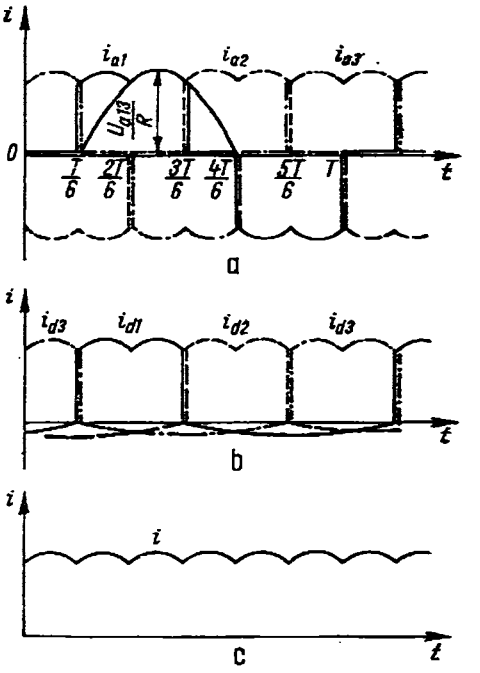


Fig. 3.15

de asemenea tensiunilor între faze. Curentul redresat urmăreşte pulsaţiile curenţilor pe faze, avînd de asemenea o frecvenţă de 6 ori mai mare decît frecvenţa de bază.

Relaţia dintre valoarea efectivă a tensiunii alternative între faze U_a şi valoarea medie a tensiunii continue redresate U se determină la mersul

în gol pentru cazul ideal al unor tensiuni alternative sinusoidale u avînd durata perioadei T (fig. 3.14)

$$U = \frac{1}{\frac{T}{6}} \int_{\frac{T}{6}}^{\frac{2T}{6}} u \, dt = \frac{3}{\pi} \sqrt{2} \, U_a, \tag{3.10}$$

unde $u = \sqrt{2} \, U_a \sin \frac{2\pi}{T} t$.

În cazul conexiunii în triunghi, tensiunea pe fază va fi

$$U_{f\Delta} = U_a = 0{,}74 \, U, \tag{3.11}$$

iar în cazul conexiunii în stea

$$U_{fY} = \frac{1}{\sqrt{3}} U_a = 0{,}427 \, U. \tag{3.12}$$

Relația dintre valoarea efectivă a curentului alternativ de pe faza rețelei de alimentare I_a și valoarea medie a curentului continuu redresat I se determină la mersul în sarcină pentru cazul ideal al neglijării curenților inverși și al neglijării pulsațiilor curentului (fig. 3.15)

$$I_a^2 = \frac{1}{T} \cdot \frac{2T}{3} \cdot I^2. \tag{3.13}$$

În cazul conexiunii în triunghi

$$I_{f\Delta} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_a = 0{,}47 \, I, \tag{3.14}$$

iar în cazul conexiunii în stea

$$I_{fY} = I_a = 0{,}815 \, I. \tag{3.15}$$

Relația între valoarea puterii aparente de calcul pe partea de curent alternativ S și valoarea puterii pe partea de curent continuu P se determină pentru cazul cînd se neglijează căderile de tensiune directă și curenții inverși ai diodelor

$$S = \sqrt{3} \, U_a I_a = \frac{\pi}{3} P = 1{,}05 \, P. \tag{3.16}$$

Valoarea medie a curentului direct prin diode este

$$I_d = \frac{1}{3} I = 0{,}33\, I, \tag{3.17}$$

iar valoarea maximă a curentului prin diode este

$$I_{dM} = \frac{\sqrt{2}\, U_a}{R} = \frac{\pi}{3} I = 1{,}05\, I. \tag{3.18}$$

Tensiunea inversă la bornele unei diode este determinată de tensiunea dintre fazele înfăşurării indusului, întrucît dioda care nu funcţionează este legată cu anodul la o fază şi cu catodul prin cealaltă diodă în funcţiune la cealaltă fază (neglijăm căderea de tensiune pe dioda în funcţiune). Maximul tensiunii inverse este egal cu amplitudinea tensiunii între faze

$$U_{iM} = \sqrt{2}\, U_a = \frac{\pi}{3} U = 1{,}05\, U. \tag{3.19}$$

Valoarea vîrfului de tensiune pe partea de curent continuu este

$$U_{CM} = \sqrt{2}\, U_a = 1{,}05\, U. \tag{3.20}$$

Calculul mai exact al redresorului trebuie să ţină seama de căderile de tensiune U_d pe diode, în timp ce curenţii inverşi se pot neglija. În acest caz valoarea tensiunii alternative va fi

$$U_a = 0{,}74\,(U + 2U_d). \tag{3.21}$$

Valoarea puterii aparente de calcul, care ţine seama de pierderile în diode ΔP_d, se calculează cu relaţia

$$S = \sqrt{3}\, U_a I_a = 1{,}05\,(UI + 6\, U_d I_d) = 1{,}05\,(P + \Delta P_d). \tag{3.22}$$

Valoarea pulsaţiilor de tensiune redresată este de 5,7%.

În tabelul 3.3 sînt arătate comparativ caracteristicile diferitelor scheme de redresare. Se poate remarca că schema de redresare trifazată cu punte prezintă cel mai ridicat randament şi cele mai mici solicitări ale diodelor, avînd în acelaşi timp cel mai bun factor de pulsaţie.

Tabelul 3.3

Comparația caracteristicilor redresoarelor pentru alternatoarele autovehiculelor

Parametrii	Notația (în paranteză notația CEI)	Tipul redresorului			
		Monofazat cu priză mediană (2 diode)	Monofazat cu punte (4 diode)	Trifazat cu priză mediană (3 diode)	Trifazat cu punte (6 diode)
1	2	3	4	5	6
Tensiunea alternativă (între faze) raportată la tensiunea continuă redresată	$\frac{U_a}{U}$ $\left(\frac{V_{ef}}{V_0}\right)$	1,11	1,11	0,855	0,74
Curentul alternativ pe fază al liniei de alimentare raportat la curentul continuu redresat	$\frac{I_a}{I}$ $\left(\frac{I_{ef}}{I_0}\right)$	0,785	1,11	0,578	0,815
Puterea aparentă alternativă raportată la puterea continuă redresată	$\frac{S}{P}$	1,74	1,23	1,48	1,05
Curentul direct în diode raportat la curentul continuu redresat	$\frac{I_d}{I}$ $\left(\frac{I_{FAV}}{I_0}\right)$	0,5	0,5	0,33	0,33
Curentul direct maxim în diode raportat la curentul continuu redresat	$\frac{I_{dM}}{I}$ $\left(\frac{I_M}{I_0}\right)$	1,57	1,57	1,21	1,05
Tensiunea inversă maximă pe diode raportată la tensiunea continuă redresată	$\frac{U_{iM}}{U}$ $\left(\frac{V_{RWM}}{V_0}\right)$	3,14	1,57	2,09	1,05
Tensiunea de vîrf maximă pe partea de curent continuu raportat la tensiunea continuu redresată	$\frac{U_M}{U}$	1,57	1,57	1,21	1,05
Valoarea pulsațiilor de tensiune		48,3	48,3	18,3	5,7

Tabelul 3.3 (continuare)

1	2	3	4	5	6
Frecvența pulsațiilor tensiunii redresate raportate la frecvența tensiunii de bază	$\frac{f}{f_a}$	2	2	3	6
Tensiunea alternativă (între faze) ținînd seama de căderile de tensiune pe diode	U'_a	1,11 $(U_c + U_d)$	1,11 (U_c+2U_d)	0,855 (U_c+U_d)	0,74 (U_c+2U_d)
Puterea aparentă alternativă ținînd seama de căderea de tensiune pe diode	S'	$2U'_a I_a$	$U'_a I_a$	$3U'_a I_a$	$3U'_a I_a$

3.6.3. REGIMUL DE MERS ÎN GOL AL ALTERNATORULUI

Regimul de mers în gol ideal al alternatorului corespunde funcționării ca generator sincron cu redresor fără pierderi, avînd excitație separată. Avînd în vedere că în redresor pierderile datorită curenților inverși sînt mici, se poate considera că mersul în gol real al alternatorului pentru autovehicule este practic echivalent cu mersul în gol ideal.

Funcționarea alternatorului depinde în mare măsură de fluxul magnetic util Φ_u produs în indus de către tensiunea magnetomotoare a înfășurării de excitație. Pentru determinarea acestui flux este necesar să se țină seama de dispersiile cîmpului magnetic și de căderile de tensiune magnetică. În fig. 3.16 sînt reprezentate fluxurile magnetice ale inductorului cu poli în formă de gheare: fluxul în miez Φ_m, fluxul de dispersie al miezului $\Phi_{\sigma m}$, fluxul de dispersie al flanșelor $\Phi_{\sigma f}$, fluxul de dispersie al polilor (ghearelor) $\Phi_{\sigma p}$ și fluxul util Φ_u. Notăm cu p numărul de perechi de poli.

Fluxul de dispersie total va fi

$$\Phi_\sigma = \Phi_{\sigma m} + \Phi_{\sigma f} + p\Phi_{\sigma p}. \tag{3.23}$$

Dintre fluxurile de dispersie, ponderea cea mai mare (50 ... 70 %) o are fluxul de dispersie al polilor $\Phi_{\sigma p}$. Acesta se compune la rîndul său din fluxul de dispersie tangențial $\Phi_{\sigma\tau}$, care se închide între fețele laterale ale polilor, fluxul de dispersie interioară $\Phi_{\sigma i}$ între suprafețele interioare ale polilor și fluxul de dispersie de capăt $\Phi_{\sigma c}$ între vîrful polilor și piesele polare de nume contrar

$$\Phi_{\sigma p} = 2\,\Phi_{\sigma\tau} + 2\Phi_{\sigma i} + \Phi_{\sigma c}. \tag{3.24}$$

Fluxul util se poate determina dacă se cunoaște fluxul în miez și fluxul total de dispersie

$$\Phi_m = \Phi_u + \Phi_\sigma. \tag{3.25}$$

Rezultă factorul de dispersie

$$\sigma = \frac{\Phi_m}{\Phi_u} = \frac{\Phi_u + \Phi_\sigma}{\Phi_u}. \tag{3.26}$$

În cazul alternatoarelor pentru autovehicule factorul de dispersie are valoarea 1,3 . 1,8.

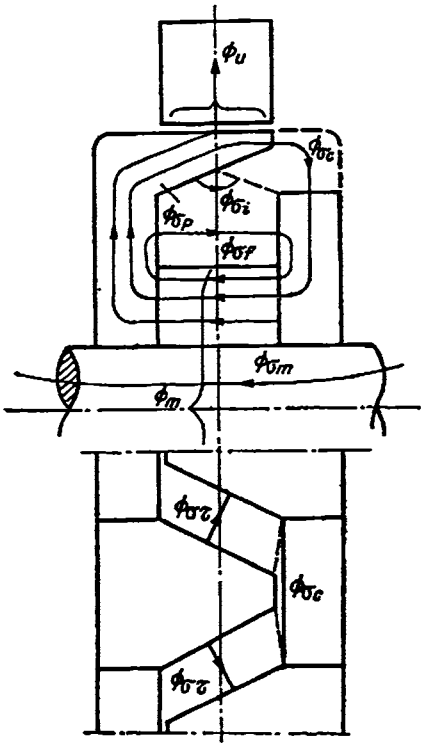


Fig. 3.16

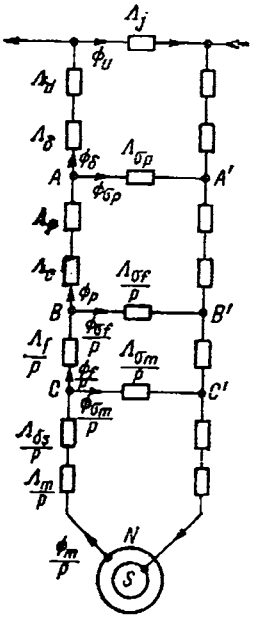


Fig. 3.17

În fig. 3.17, este reprezentată schema echivalentă simplificată a circuitului magnetic al alternatorului, care cuprinde permeanțele și fluxurile magnetice.

La capetele înfășurărilor alternatorului apar tensiuni alternative instantanee egale cu tensiunile electromotoare u_{e_0} induse prin variația în timp a fluxului util Φ_u

$$u_{e_0} = -w\frac{d\Phi_u}{dt} = -\omega w\frac{d\Phi_u}{d\alpha} \tag{3.27}$$

unde : w reprezintă numărul de spire al înfăşurării indusului (pe fază); α — unghiul de rotire al inductorului; ω — viteza unghiulară; f — frecvenţa, şi este cunoscută relaţia

$$w = \frac{d\alpha}{dt} = 2\pi f. \tag{3.28}$$

În cazul alternatoarelor pentru autovehicule se consideră că avem o variaţie sinusoidală a tensiunii electromotoare şi ca urmare valoarea efectivă va fi

$$U_{e_0} = \sqrt{2}\,\pi\, k_w w f \Phi_{uM}, \tag{3.29}$$

unde : k_w este factorul de înfăşurare şi Φ_{uM} — valoarea maximă a fluxuluiutil.

Rezultă că pentru turaţie constantă, valoarea tensiunii efective la mersul în gol creşte proporţional cu valoarea maximă a fluxului util. Datorită saturaţiei circuitului magnetic, tensiunea electromotoare efectivă se limitează pe măsură ce creşte curentul de excitaţie. De obicei, prin caracteristica magnetică de mers în gol, pentru alternatoare auto, se înţelege curba tensiunii continue redresate U în funcţie de curentul de excitaţie I_e, pentru turaţie constantă (fig. 3.18). Aceasta se poate deduce din expresiile tensiunii electromotoare.

Curentul de excitaţie nominal se alege de obicei cosespunzător cotului caracteristicii (I_{eN} fig. 3.18).

Caracteristicile magnetice de mers în gol la turaţii variabile se pot determina atît pentru excitaţie separată cît şi pentru autoexcitaţie.

În cazul excitaţiei separate, punctele de funcţionare ale alternatorului se obţin prin intersecţia caracteristicilor de magnetizare, cu dreapta verticală a corespunzătoare curentului de excitaţie nominal I_{eN} = const.

În cazul autoexcitaţiei, punctele de funcţionare se obţin prin intersecţia caracteristicilor de magnetizare cu dreapta b care trece prin origine, corespunzătoare rezistenţei excitaţiei R_e

$$U = R_e i_e. \tag{3.30}$$

Ţinînd seama de cele spuse se pot determina caracteristicile de mers în gol la turaţie variabilă, pentru cele două cazuri (fig. 3.19).

În cazul excitaţiei independente (fig. 3.19) se obţine o dreaptă a care trece prin origine, în timp ce în cazul autoexcitaţiei (fig. 3.19) curba b nu mai trece prin origine, ci în apropierea unui punct corespunzător turaţiei de amorsare n_a. Amorsarea alternatorului în cazul autoexcitaţiei se face datorită magnetismului remanent al inductorului. În cazul alternatoarelor, rezistenţa echivalentă a circuitului de excitaţie R_e este mai mare decît în cazul dinamurilor, căci trebuie să se ţină seama în afară de rezistenţa înfăşu-

rării de excitație, de cea a periilor și a punții redresoare. Datorită acestui fapt autoexcitarea se face mai greu (de ex. $n_a = 700$ rot/min). Pentru a îmbunătăți condițiile de amorsare, după cum s-a arătat, se utilizează metode speciale pentru conectarea excitației la baterie.

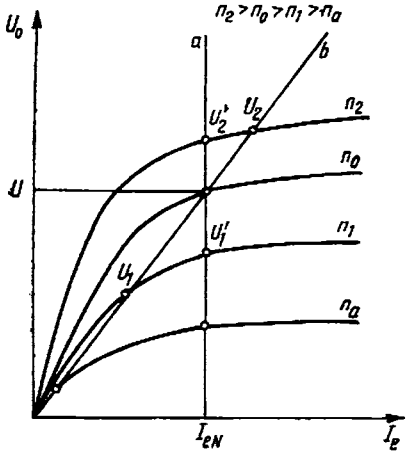


Fig. 3.18

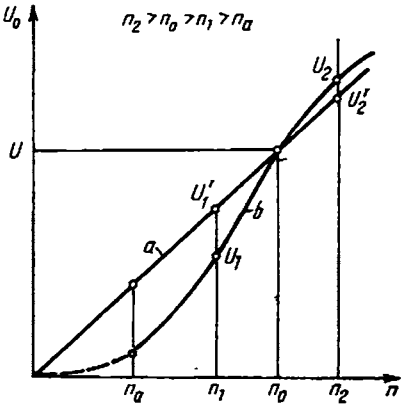


Fig. 3.19

Tensiunea de lucru U se obține pentru o turație n_0 denumită după cum s-a arătat turația inițială. Se poate scrie deci relația de legătură aproximativă pentru conexiunea stea

$$U = 2\sqrt{3}\, k_w \cdot w \frac{p \cdot n_0}{60} \Phi_{uM} \tag{3.31}$$

cu ajutorul căreia se poate determina numărul de sprire pe fază w.

3.6.4. REGIMUL DE SCURTCIRCUIT AL ALTERNATORULUI

Prin regimul de scurtcircuit înțelegem regimul în care bornele alternatorului (respectiv ale punții redresoare) sînt scurtcircuitate între ele, în timp ce excitația este alimentată separat de la baterie.

Considerăm ecuația tensiunii electromotoare U_{ak} la scurtcicuit

$$U_{ak} = (R_k + \mathrm{j}\, X_k)\, I_{ak} \tag{3.32}$$

unde: R_k reprezintă rezistența la scurtcircuit (care ține seama de rezistența înfășurării și de căderile de tensiune pe diode); X_k — reactanța de scurt-

circuit (care ține seama de reacțiile indusului); I_{ak} — valoarea efectivă a curentului de scurtcircuit pe partea de curent alternativ.

Reactanța de scurtcircuit are o valoare proporțională cu frecvența f și cu inductanța de scurtcircuit L_k

$$X_k = 2\pi f \cdot L_k . \tag{3.33}$$

La *turații mari* putem neglija componenta activă întrucît $R_k \ll \omega L_k$ și obținem

$$U_{ak} = X_k I_{ak}, \tag{3.34}$$

respectiv pentru $k_w = 1$

$$I_{ak} = \frac{\sqrt{2}\,\pi f \cdot w\,\Phi_{uM}}{2\pi f \cdot L_k} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{w \cdot \Phi_{uM}}{L_k} . \tag{3.35}$$

La curenți de excitație mari, circuitul magnetic al generatorului sincron rămîne saturat. În aceste condiții inductanța magnetică de scurtcircuit L_k are o valoare practic constantă și caracteristica curentului de scurtcircuit funcție de curentul de excitație rezultă liniară, independentă de turație.

La *turații mici* putem neglija componenta reactivă întrucît $R_k \gg \omega L_k$ și obținem

$$U_{ak} = R_k I_{ak} \tag{3.36}$$

respectiv

$$I_{ak} = \frac{\sqrt{2}\,\pi f \cdot w\,\Phi_{uM}}{R_k} . \tag{3.37}$$

Curentul de scurtcircuit în acest caz depinde atît de curentul de excitație independentă, cît și de turație.

Pe baza celor arătate se poate explica alura curbei caracteristicii curent de scurticircuit funcție de turație, pentru curent de excitație independentă constant (fig. 3.20).

După cum se vede, la turații mici curentul de scurtcircuit crește o dată cu turația, în timp ce la turații mari curentul de scurtcircuit se autolimitează. Această proprietate a alternatoarelor este folosită la protejarea diodelor, care se dimensionează pentru a putea suporta curenții de scurtcircuit la turații mari. De obicei drept caracteristică de scurtcircuit a alternatorului se consideră curba curentului de scurtcircuit redresat în funcție de turație. Aceasta se poate determina ținînd seama de cele de mai sus, întrucît curentul de scurtcircuit redresat se află într-un anumit raport față de curentul de scurtcircuit alternativ.

3.6.5. REGIMUL DE MERS ÎN SARCINĂ AL ALTERNATORULUI

După ce am văzut caracteristicile de gol și de scurtcircuit în funcție de turație, putem analiza caracteristicile de mers în sarcină ale alternatorului pentru diferite turații, considerînd curentul de excitație constant (fig. 3.21). Aceste caracteristici reprezintă dependența între tensiunea continuă redre-

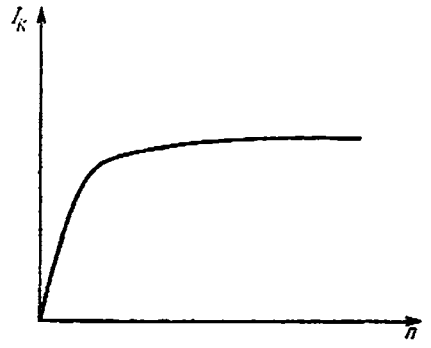


Fig. 3.20

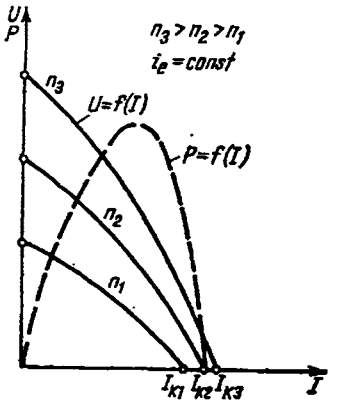


Fig. 3.21

sată U și curentul de sarcină redresat I și au o alură căzătoare. Pentru o tensiune constantă (spre exemplu egală cu tensiunea de lucru) se observă că începînd de la o anumită turație (în cazul nostru turația inițială n_0), curentul de sarcină crește o dată cu turația. În fig. 3.21 a fost reprezentată și curba puterii continue funcție de curent pentru turația nominală.

La turații ridicate punctul de funcționare pentru tensiunea de lucru se află mai aproape de regimul de scurtcircuit decît de cel în gol. Ținînd seama că la turații ridicate curentul de scurtcircuit se limitează, rezultă că și curentul de sarcină corespunzător tensiunii de lucru are caracter de autolimitare.

Din cele de mai sus se poate deduce *caracteristica de sarcină a alternatorului.* Această caracteristică reprezintă dependența între curentul de sarcină I și turația n, pentru tensiunea U constantă (fig. 3.22). Începutul curbei corespunde turației inițiale n_0.

Caracterul de autolimitare a curentului de sarcină este cu atît mai pronunțat cu cît funcționarea alternatorului este mai apropiată de regimul de scurtcircuit și cu cît caracteristica de scurtcircuit este mai saturată. Menționăm că apare o deosebire între caracteristica alternatorului la cald *a* și la rece *b*, datorită în special modificării rezistenței și curentului de excitație (fig. 3.22).

Caracteristicile de reglaj ale alternatorului reprezintă dependența între curenții de excitație și turație la tensiune constantă (egală cu tensiunea de lucru) pentru diferite valori ale curenților de sarcină (fig. 3.23).

Se știe că o dată cu creșterea turației la curent de excitație constant și curent de sarcină constant crește tensiunea continuă. Pentru a menține această tensiune constantă trebuie ca curentul de excitație să scadă.

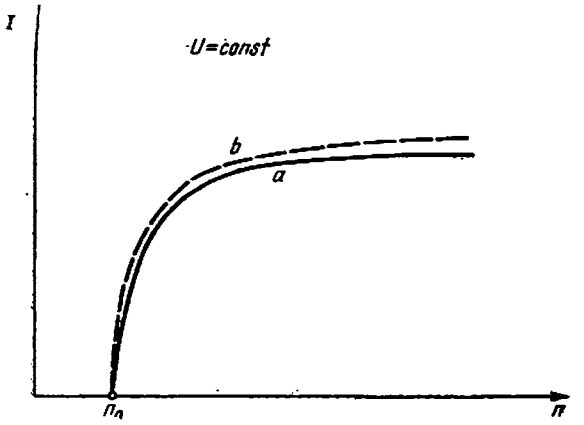


Fig. 3.22

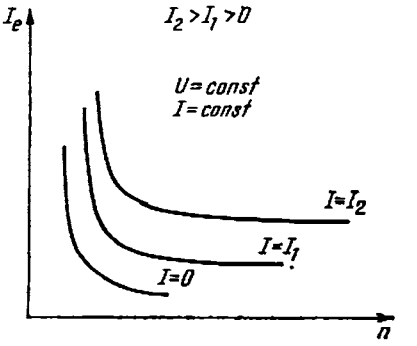


Fig. 3.23

Aceasta se obține prin introducerea în circuitul de excitație a unei rezistențe de reglaj. Cunoașterea caracteristicilor de reglaj ale alternatoarelor este necesară pentru a putea determina caracteristicile releelor regulatoare de tensiune.

3.7. CONSTRUCȚIA ALTERNATOARELOR PENTRU AUTOVEHICULE

În cele ce urmează ne vom referi în special la construcția alternatoarelor în execuție protejată, avînd excitația electromagnetică cu poli în formă de gheare și cu redresor trifazat în punte, întrucît aceasta este construcția cea mai răspîndită la aceste produse. Principalele părți componente sînt (fig. 3.24): statorul *1* cu pachetul de tole și înfășurarea indusului; rotorul *2* cu arborele, piesele polare, înfășurarea de excitație și inelele colectoare; scutul dinspre fulie *3* cu rulmentul și capacul de rulment; scutul dinspre inelele colectoare *4* cu rulmentul și capacul de rulment, respectiv cu redresorul *5*, suportul de perii *6*, borna plus *7* și borna de excitație *8*.

În comparație cu dinamurile de aceeași putere, alternatoarele sînt mai scurte și cu diametre mai mari. Indusul plasat în stator cuprinde pachetul

de tole executat din tablă de oțel pentru mașini electrice, care asigură o magnetizare bună și înfășurarea indusului care este de obicei trifazată cu conexiuni în stea. În fig. 3.25 se arată schema unei înfășurări pe două straturi pentru alternatoare. După bobinare statorul se impregnează pentru consolidare și protecția înfășurărilor.

Rotorul constituie inductorul alternatorului. Piesele polare în formă de gheare (fig. 3.16) sînt executate din oțel forjat cu conținut redus de car-

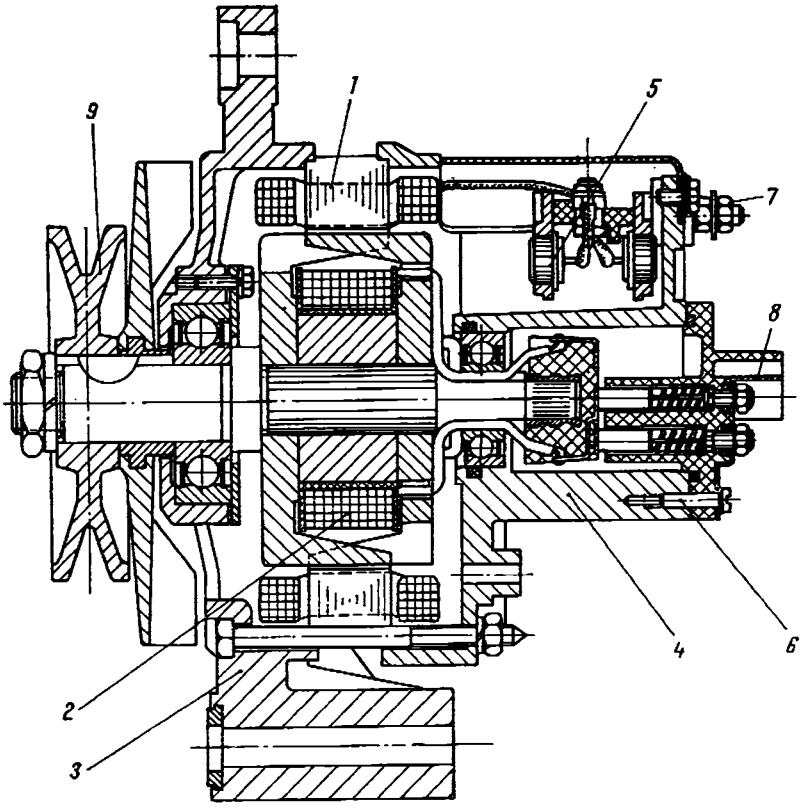


Fig. 3.24

bon cu o bună permeabilitate magnetică. Înfășurarea de excitație, așezată pe miez între piesele polare, are forma unei bobine cilindrice. După bobinare și presarea pieselor polare pe arbore, rotorul se impregnează.

Pe arborele rotorului se presează subansamblul inelelor colectoare. De obicei se utilizează inele colectoare de tipul radial, dar în anumite cazuri (spre exemplu pentru colectoare protejate împotriva prafului) se utilizează inele de tipul frontal. Rulmenții se fixează pe arbore prin presare.

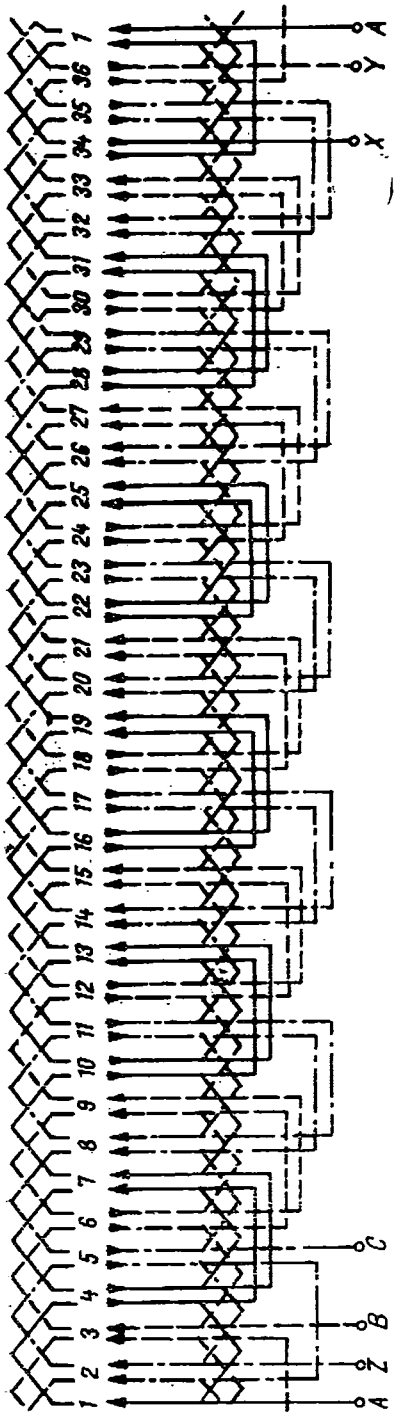


Fig. 3.25

Pentru a nu mări dispersiile magnetice ale alternatorului, care este un generator cu flux magnetic axial, se utilizează la execuţia scuturilor aliaje neferomagnetice. Forma scutului dinspre colector depinde de construcţia suportului de perii şi a radiatoarelor pentru diode.

Suportul periilor se execută din masă plastică izolantă cu caracteristici mecanice bune. Periile utilizate pentru alternatoare sînt în general de tipul bronz-grafit; ele se uzează mai puţin decît periile dinamurilor. Arcurile periilor trebuie să asigure presiunea prescrisă.

Redresorul alternatorului cuprinde radiatoarele pe care sînt presate diodele principale şi dacă este cazul diodele suplimentare pentru excitaţie. În fig. 3.26 este arătată o secţiune printr-o diodă cu siliciu care cuprinde: carcasa din cupru *1*, elementul semiconductor *2*, rondela *3*, ştiftul de contact *4*, inelul ceramic *5*, arcul conic *6*, armătura inelară din oţel *7*, suportul de trecere din sticlă presată *8* şi borna de conectare *9*.

Pentru a se putea asigura un montaj mai uşor pe radiatoare, diodele pentru alternatoare se execută în două variante: pozitive şi negative. Diodele pozitive (fig. 3.27, *a*) au carcasele la catod (minus) pentru sensul direct de conducţie al curentului şi se notează cu culoarea roşie. Ele se presează într-un radiator comun izolat, care constituie borna pozitivă a alternatorului. Diodele negative (fig. 3.27, *b*) au carcasele la anod (plus) pentru sensul direct de conducţie al curentului şi se notează cu culoarea neagră. Ele se presează într-un radiator comun neizo-

lat sau direct în scut, care constituie borna negativă a alternatorului.

În tabelul 3.4 se arată principalele date caracteristice ale unor alternatoare pentru autovehicule, iar în tabelul 3.5 datele lor constructive.

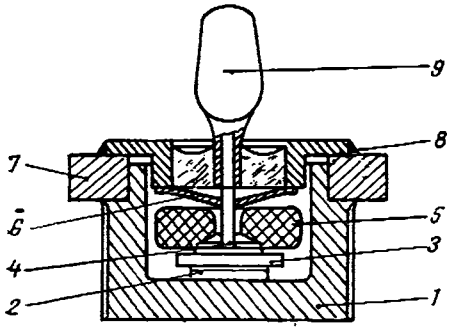


Fig. 3.26

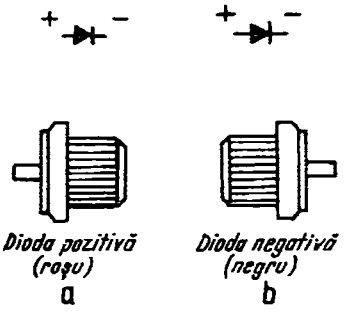


Fig. 3.27

Tabelul 3.4

Datele caracteristice ale alternatoarelor

Datele tehnice	Tipul produsului						
	A 500	A 20/12	A 40/12	KI–14 V35A20 Bosch (RFG)	ART 110/12 (ITALIA)	A14/30-40 Motorola (SUA)	Delco–Remy (SUA)
Tensiunea de lucru, V	14	14,6	14,6	14	14	14	14
Curentul nominal, A	30	20	35	25	$\geqslant$30	36	$\sim$30
Curentul maxim, A	35	—	40	37	$\geqslant$40	39	35,6
Turația inițială, rot/min	950	750 la 13,2V	1000 la 13,2V	950	950$\pm$50	910	940
Turația nominală, rot/min	3000	2500	4500	2000	3000	3000	3000
Turația la sarcina maximă, rot/min	5000	—	8000	5000	—	5000	5000
Turația maximă continuă, rot/min	10 000	3500	10 000	10 000	13 000	—	—
Curentul de excitație maxim, A	2,6	—	—	—	—	—	—
Greutatea cu fulie (și fără fulie), kgf	4(4,5)	—	—	3,6(4)	—	3,65(4)	(4,7)

Tabelul 3.5

Datele constructive principale ale alternatoarelor

Date constructive	A 500	K1–14V35A Bosch (RFG)	LUCAS 500 (ANGLIA)	ATRI 110/12 (ITALIA)	A14/30–40 Motorola (SUA)	Delco–Remy (SUA)
Diametrul exterior al statorului, mm	127,2	126	128	110	128	134,5
Diametrul interior al statorului, mm	88,7	89,7	95	—	88,7	104,8
Lungimea pachetului statorului, mm	22	18	33	—	20	19,6
Numărul de poli	12	12	8	4	12	14
Numărul de crestături	36	36	24	24	36	42
Înfășurarea indusului						
Numărul de conductoare pe crestătură	12	12	12	—	2×9	10
Diametrul conductorului neizolat, mm	1,25	1,2	1,25	—	0,95	1,3
Rezistența pe fază (la 20°C), Ω	—	0,133	0,13	0,11	—	0,158
Înfășurarea de excitație						
Numărul de spire pe bobină	490±10	—	≈640	—	—	—
Diametrul conductorului neizolat, mm	0,65	—	—	—	—	0,6
Rezistența bobinei (la 20°C), Ω	4,7	4,2	4,2	3,1	5,04	—
Forța periei, kgf	0,150	—	0,240	—	—	—

3.8. ÎNCERCĂRILE ŞI EXPLOATAREA ALTERNATOARELOR PENTRU AUTOVEHICULE

Datele pricipale ale alternatoarelor, care se menţionează de obicei şi pe etichetă sînt: tipul, tensiunea de lucru şi puterea sau curentul nominal. La acestea se pot adăuga: curentul maxim, turaţia nominală şi turaţia maximă. Sensul de rotaţie interesează numai din punct de vedere al deşurubării piuliţei de strîngere a fuliei. Legarea la masă se face obişnuit cu borna minus. Schema alternatorului, cotele de gabarit şi montaj trebuie să corespundă documentaţiei produsului.

Încercările pe banc ale alternatoarelor se aseamănă cu cele ale dinamurilor, cu menţiunea că în acest caz trebuie conectată în permanenţă o baterie în paralel cu generatorul, pentru a nu se distruge diodele (fig. 2.11, *c*).

Încercările de funcţionare cuprind: verificarea caracteristicilor de sarcină la rece şi la cald şi verificarea încălzirilor, la care se adaugă verificări ale comportării la solicitări mecanice şi electrice.

Verificarea caracteristicilor de sarcină. Încercarea la rece se face cu alternatorul la temperatura ambiantă de $20 \pm 5°C$ într-un timp scurt, astfel încît curentul de excitaţie să nu se modifice mult. Pentru încercarea la cald se face o stabilizare prealabilă la o turaţie egală cu $1...1{,}2\ n_N$ la tensiunea de lucru şi puterea nominală timp de 1...3 h. Alternatorul este conectat cu excitaţia la maximum, iar pe măsură ce creşte turaţia, tensiunea de lucru este menţinută constantă prin varierea sarcinii. Valorile curenţilor măsuraţi la diferite turaţii (de ex. turaţia iniţială, turaţia nominală şi turaţia sarcinii maxime), trebuie să fie egale sau mai mari decît cele prevăzute pentru caracteristicile de sarcină la rece şi la cald.

Determinarea încălzirilor. La alternatoarele deschise încercarea se face după ce acestea au fost stabilizate, prin funcţionarea pe banc, la turaţia şi puterea nominală, cu tensiunea de lucru, timp de 1 h, pentru temperatura mediului ambiant de $20 \pm 5°C$. Se prescriu de obicei următoarele valori pentru supratemperaturi: înfăşurarea statorică maximum 110...130°C, pachetul de fier statoric maximum 70°C, carcasa diodelor maximum 70...90°C, inelele colectoare maximum 65°C. Încălzirile se măsoară prin metoda variaţiei rezistenţei la înfăşurări şi cu ajutorul termocuplelor la fierul statoric şi la diode.

Verificarea comportării la *solicitări mecanice* se face după ridicarea caracteristicilor de sarcină şi constă în funcţionarea la supraturaţie corespunzătoare unei turaţii cu 20 % mai mare decît turaţia maximă, timp de 3 min.

Din punct de vedere al solicitărilor electrice, alternatorul trebuie să reziste fără să străpungă la o tensiune efectivă de ţinere de 500 V la 60 Hz timp de 1 min. Menţionăm că această probă se face cu diodele deconectate aplicînd tensiunea între un inel şi masă şi între o fază a statorului şi

masă. Rezistența de izolație în stare uscată, măsurată cu un megohmmetru de 500 V c.c la rotor și stator fără diode, trebuie să fie mai mare de 2 MΩ.

În cadrul *încercărilor de tip* în afara probelor arătate mai sus alternatoarele se verifică în ceea ce privește: comportarea la căldură umedă — la temperatura +40°C și umiditate 65 % timp de 96 h, comportare la frig — la temperatura —40°C timp de 4 h și comportarea la vibrații — la frecvența de 50 Hz și accelcrația (5...10) *g* timp de 4 h. După aceste probe se fac verificări electrice (curba de sarcină) și mecanice (supraturația), la care nu trebuie să apară abateri. Tot în cadrul încercărilor de tip se verifică tipul de protecție și se efectuează probe de durată.

Proba de durată pe banc a alternatoarelor se poate face ca și în cazul dinamurilor la turație constantă sau la turație variabilă. De obicei proba cuprinde funcționarea timp de 1000 h la turația maximă și puterea maximă, alternatorul funcționînd împreună sau fără releul regulator. După terminarea probei se determină caracteristica de sarcină, admițîndu-se abateri de cel mult 10 % față de cele inițiale. În timpul probei de durată a alternatoarelor nu se admite schimbarea periilor sau remedierea altor defecțiuni.

La alternatoarele din producția curentă se prevăd următoarele *încercări de control și recepție*: verificarea formei constructive, cotelor de gabarit și montaj, schemei electrice, caracteristicii de sarcină la rece și supraturației.

Înainte de efectuarea încercărilor pe banc trebuie verificate unele subansamble. Se face verificarea rigidității dielectrice a pieselor izolante, dezechilibrului rotorului (max 6 gf.cm), verificarea diodelor la căderea de tensiune în sens direct (1,5 V la 40 A) și curentul invers (1,5 mA la 100 V).

Exploatarea alternatoarelor nu ridică probleme decît în cazul cînd este necesar să se monteze sau să se demonteze elementele respective, sau să se acționeze asupra instalației electrice. Este util să se aibă în vedere următoarele recomandări:

Dacă se aplică tensiuni cu polaritate inversă față de bornele alternatorului se distrug diodele acestuia. De aceea bornele alternatorului și acumulatorului au dimensiuni diferite în funcție de polaritate și trebuie legate corespunzător. Diodele se pot distruge și dacă alternatorul funcționează fără baterie în paralel, datorită vîrfurilor de supratensiune produse în timpul funcționării releului regulator.

Conductoarele de legătură la alternator trebuie să aibă dimensiunile prescrise, iar contactele trebuie bine executate, inclusiv legarea la masă. Nu se admite legarea bornei pozitive la masă sau la borna de excitație. De asemenea nu trebuie inversată legătura la excitație cu legătura la borna de nul a înfășurărilor alternatorului. Nu trebuie scurtcircuitate sau inversate legăturile la bornele releului, căci se pot distruge contactele acestuia. În general nu trebuie să se umble la legături în timpul funcționării alternatorului.

Cureaua alternatorului trebuie să fie bine întinsă. Verificarea periilor nu este necesară decît la intervale mari (100 000...150 000 km). Întrucît rulmenții alternatoarelor sînt capsulați nu necesită ungeri periodice. În cazul verificării izolației alternatorului, diodele trebuie să fie deconectate.

4. RELEE REGULATOARE

4.1. RELEE REGULATOARE CU CONTACTE

4.11. DESCRIEREA ŞI CLASIFICAREA RELEELOR REGULATOARE CU CONTACTE

Funcţionarea generatoarelor de pe autovehicule, împreună cu bateriile de acumulatoare şi cu consumatorii electrici, impune anumite condiţii care necesită prezenţa releelor regulatoare.

Asigurarea unei tensiuni constante în anumite limite, este necesară pentru a nu supraîncărca bateriile de acumulatoare. Variaţii mari ale tensiunii de alimentare sînt dăunătoare consumatorilor şi în special becurilor cu filament incandescent. La o creştere mare a tensiunii, fluxul luminos emis de bec creşte, însă viaţa becului se reduce, producîndu-se arderea filamentului. La scăderi mari ale tensiunii, fluxul luminos este insuficient şi becurile nu mai sînt capabile să îşi îndeplinească funcţiunile.

Deoarece tensiunea livrată de generatoare depinde atît de turaţie cît şi de sarcină, este necesar ca alături de generator să se introducă un releu regulator de tensiune. Acesta face parte din releul regulator şi are rolul de a menţine tensiunea generatorului la o valoare practic constantă. În fig. 4.1. este arătată schema unui regulator de tensiune RT cu contacte, avînd drept componente principale electromagnetul cu miezul magnetic şi înfăşurarea de tensiune *1* armătura mobilă cu contactul mobil şi cu arcul *2*, carcasa cu contactul fix *3*, rezistenţa de reglare R_r şi bornele.

Funcţionarea releului regulator de tensiune se explică după cum urmează : în poziţia de repaus, cînd înfăşurarea releului nu este alimentată, contactele sînt închise şi rezistenţa de reglare R_r conectată în circuitul excitaţiei este scurtcircuitată. Cînd turaţia generatorului creşte, creşte şi tensiunea aplicată pe înfăşurarea releului şi o dată cu aceasta creşte forţa de atracţie care acţionează asupra armăturii mobile. Cînd tensiunea ajunge la valoarea de reglare, cuplul dat de forţa magnetică a releului devine mai mare decît cuplul dat de forţa arcului şi armătura este atrasă, contactele se deschid şi curentul de excitaţie se închide numai prin rezistenţa de reglare. O dată cu aceasta scade curentul de excitaţie şi totodată scade tensiunea la

bornele generatorului. Scăzînd tensiunea, cuplul dat de forţa de atracţie magnetică devine mai mic decît cuplul dat de forţa arcului şi armătura revine în poziţia iniţială. Contactele se închid şi este scurtcircuitată rezistenţa de reglare. Curentul de excitaţie creşte din nou şi o dată cu el creşte tensiunea la bornele generatorului. În continuare procesul se repetă.

Rezultă că procesul de reglare al tensiunii constă în principiu în introducerea şi scurtcircuitarea repetată a rezistenţei de reglare din circuitul de excitaţie al generatorului.

O altă condiţie impusă la funcţionarea generatoarelor pe autovehicule este protejarea acestora împotriva suprasarcinilor. Acest lucru este necesar

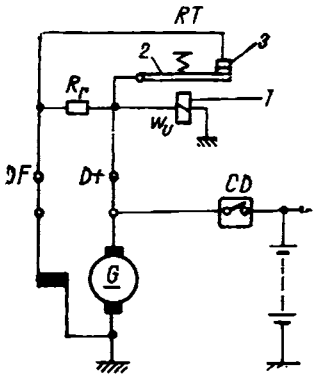


Fig. 4.1

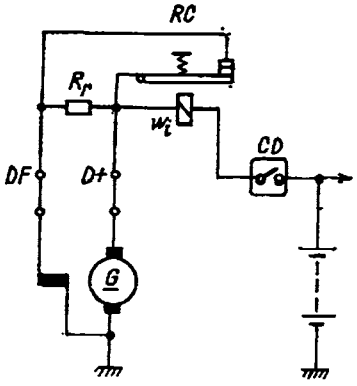


Fig. 4.2

întrucît, se ştie că puterea totală a consumatorilor inclusiv cei de scurtă durată poate depăşi puterea maximă a generatorului. În anumite cazuri, se poate realiza o autoreglare a curentului spre exemplu la dinamuri cu trei perii şi la alternatoare. În cazul dinamurilor derivaţie şi uneori a alternatoarelor de putere mare este necesar să se ia măsuri de protecţie prin utilizarea unui *releu regulator de curent* numit şi *limitator de curent*. Şi acesta face parte de asemenea din releul regulator şi are rolul de a limita curentul dat de generator la o valoare practic constantă.

În fig. 4.2 este arătată schema unui limitator de curent *RC* cu contacte, care se aseamănă cu schema regulatorului de tensiune cu deosebire că în locul înfăşurării de tensiune este amplasată o înfăşurare de curent.

Funcţionarea limitatorului de curent este asemănătoare cu cea a regulatorului de tensiune, La depăşirea unei anumite valori a curentului generatorului, contactele releului se deschid şi se introduce în circuitul de excitaţie al generatorului o rezistenţă de reglare care face să scadă tensiunea şi o dată cu ea curentul debitat.

Cea de a treia condiţie care se impune la funcţionarea generatoarelor pe autovehicule este conectarea şi deconectarea automată a acestora faţă

de bateria de acumulatoare. Dacă generatorul ar fi conectat permanent cu bateria, la oprirea motorului el s-ar transforma în consumator. La dinamuri deteriorarea rezistenței mici a indusului, curentul absorbit ar fi mare, s-ar deteriora prin supraîncălzire înfășurarea indusului și totodată s-ar descărca bateria de acumulatoare. În cazul alternatoarelor, după cum am văzut, nu este necesară o deconectare a înfășurării indusului, întrucît redresorul alternatorului nu permite trecerea curentului invers. Totuși se utilizează uneori relee pentru deconectarea înfășurării de excitație. În cazul dinamurilor, deconectarea la oprire este obligatorie.

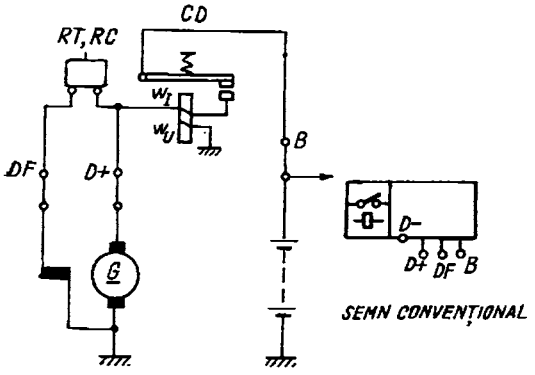


Fig. 4.3

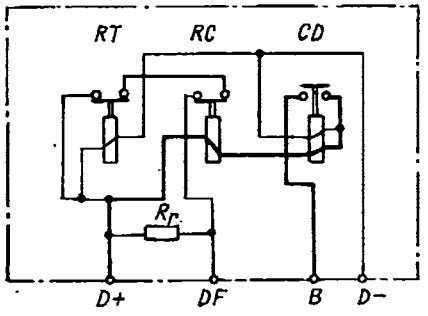


Fig. 4.4

Releul conjunctor — disjunctor CD numit și releu de curent invers, face parte la rîndul său din releul regulator și asigură pe de o parte conectarea generatorului în circuitul bateriei în momentul în care tensiunea generatorului depășește o anumită valoare și pe de altă parte îl deconectează cînd tensiunea a scăzut sub o anumită valoare. Principalele componente ale conjunctor-disjunctorului cu contacte pentru dinam se pot vedea în fig. 4.3.

Electromagnetul cuprinde un miez magnetic pe care sînt așezate înfășurările de tensiune și de curent conectate în așa fel încît atunci cînd curentul trece de la generator la baterie (curent direct) fluxurile magnetice produse de cele două înfășurări se adună.

Funcționarea conjunctor-disjunctorului se explică după cum urmează : în poziție de repaus, cînd releul nu este alimentat contactele sînt deschise și circuitul de la generator la baterie este întrerupt. Cînd turația generatorului crește, crește și tensiunea aplicată la înfășurarea de tensiune a releului și o dată cu aceasta crește forța de atracție magnetică produsă de electromagnet. La o anumită valoare a tensiunii, cuplul forței magnetice devine mai mare decît cuplul forței arcului, armătura este atrasă și contactele se închid.

După conectare, dacă tensiunea generatorului este mai mare decît tensiunea bateriei apare un curent direct de la generator spre baterie, respectiv spre consumatori, care trecînd prin înfășurarea de curent a releului produce un flux magnetic ce se adaugă fluxului înfășurării de tensiune. Forța magnetică crește și o dată cu ea crește forța de închidere a contactelor. Dacă turația scade, tensiunea generatorului devine mai mică decît tensiunea bateriei, apare un curent invers de la baterie spre generator și fluxul magnetic rezultant al releului scade.

Cînd tensiunea la bornele înfășurării de tensiune ajunge la o anumită valoare, cuplul forței magnetice devine mai mic decît cuplul forței arcului, armătura este eliberată, contactele se deschid și generatorul este deconectat de la baterie.

În cele ce urmează vom face o clasificare a principalelor tipuri de relee regulatoare cu contacte utilizate pentru dinamuri și alternatoare.

4.1.1.1. *Relee regulatoare combinate*

Pentru economie de materiale și spațiu, releele necesare funcționării generatoarelor se montează pe un singur suport formînd un aparat combinat, care se numește releu regulator (fig. 4.4).

Releele regulatoare cu contacte se pot clasifica după destinație: în relee pentru dinamuri și relee pentru alternatoare, iar după locul de amplasare: în relee pentru montare în exteriorul generatorului, pe generator, sau în interiorul acestuia. Releele regulatoare pentru dinamuri diferă după felul caracteristicilor în relee: cu caracteristică frîntă și cu caracteristică înclinată, iar după numărul de elemente sau miezuri magnetice: cu unul, două, trei și patru miezuri. După numărul de perechi de contacte, la regulatorul de tensiune deosebim relee cu o pereche de contacte (o treaptă de funcționare) și cu două perechi de contacte (două trepte de funcționare). După modul de conectare al excitației deosebim relee pentru reglare plus (releul legat la borna plus) și reglare minus (releul legat la borna minus). De asemenea există relee pentru două înfășurări de excitație separate (cu două regulatoare de tensiune în paralel). Releele se mai pot deosebi după metoda utilizată pentru mărirea frecvenței de reglare și după metoda utilizată pentru compensarea termică.

Releele regulatoare pentru alternatoare la rîndul lor se pot deosebi după numărul de elemente, după numărul de perechi de contacte, după metoda utilizată pentru compensare etc.

Relee regulatoare cu caracteristica frîntă (cu cot). Regulatoarele cu caracteristică frîntă au elemente separate pentru regulatorul de tensiune și pentru limitatorul de curent (fig. 4.5, *a*).

Denumirea de regulatoare cu caracteristică frîntă provine din faptul că curba de dependență între tensiune și curent pentru o anumită turație și temperatură se poate reprezenta prin două trepte, care formează un unghi (fig. 2.4, *a*). Regulatorul de tensiune menține constantă tensiunea

reglată pînă în momentul în care curentul atinge valoarea curentului reglat, cînd tensiunea scade brusc datorită intrării în funcţiune a limitatorului de curent. De remarcat în fig. 4.4 că atît regulatorul de tensiune cît şi cel de curent funcţionează împreună cu aceeaşi rezistenţă de reglaj.

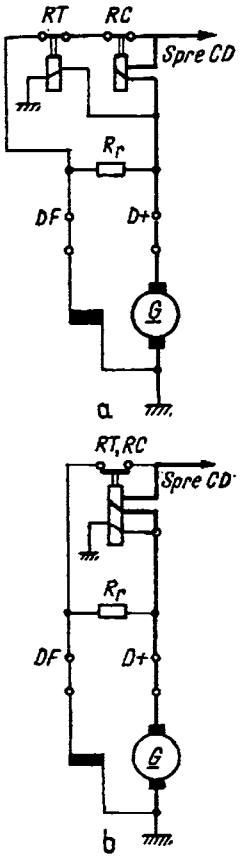


Fig. 4.5

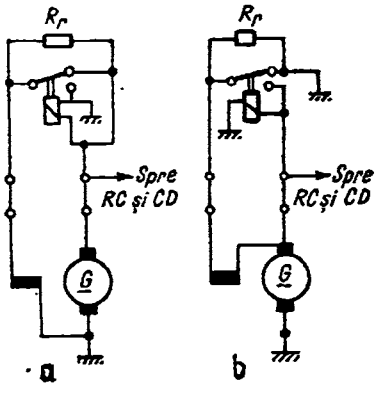


Fig. 4.6

Aceste regulatoare prezintă avantajul unui reglaj bun în schimb au un preţ de cost relativ ridicat, din care cauză ele se utilizează mai mult pentru dinamurile de putere mijlocie şi mare.

Relee regulatoare cu caracteristica înclinată (căzătoare). Regulatoarele cu caracteristică înclinată au înfăşurările regulatoarelor de tensiune şi de curent pe acelaşi miez şi ca urmare funcţionarea lor se influenţează reciproc (fig. 4.5, *b*). Tensiunea reglată scade pe măsură ce creşte curentul de

sarcină (fig. 2.4, *b*). În acest caz nu există o limitare a curentului debitat de generator decît în funcţie de caracteristicile bateriei şi dinamului. Deşi au avantajul unui preţ de cost mai scăzut aceste relee regulatoare nu se recomandă decît pentru dinamuri de putere nu prea mare, care funcţionează numai cu baterii încărcate. Cînd curentul cerut de consumatori şi de baterie creşte, tensiunea reglată scade, ceea ce determină descărcarea bateriei şi ca urmare dificultăţi la pornirea motorului. Alegerea unei tensiuni reglate mari, mai are la rîndul său dezavantaje provocate de degajarea de gaze la baterie. Cînd bateria este prea descărcată apare pericolul arderii dinamului.

Relee regulatoare cu două trepte de funcţionare (două perechi de contacte). În afară de regulatoarele cu o pereche de contacte arătate mai sus, se utilizează adeseori regulatoare cu două perechi de contacte, care se mai numesc şi *regulatoare cu două trepte de funcţionare*. În fig. 4.6 sînt arătate schemele unor regulatoare de tensiune cu două trepte de funcţionare pentru reglare plus *a* şi reglare minus *b*.

Funcţionarea acestor relee este următoarea: în treapta I (la turaţii mici sau sarcini mari) armătura mobilă este atrasă şi lucrează perechea de contacte în serie cu excitaţia, care scurtcircuitează periodic rezistenţa de reglare R_r. În felul acesta reglarea se face pînă cînd curentul de excitaţie scade la valoarea corespunzătoare rezistenţei de excitaţie însumată cu rezistenţa de reglare (contacte deschise). În treapta II, la turaţii mari sau sarcini mici, armătura mobilă este atrasă şi mai mult şi lucrează perechea de contacte în paralel cu excitaţia. Aceasta scurtcircuitează periodic înfăşurarea de excitaţie, făcînd ca reglarea să continue pînă cînd curentul de excitaţie scade la zero (contacte închise).

Regulatoarele cu două perechi de contacte prezintă avantajul că reglează turaţia într-un domeniu de turaţii mai mare decît regulatoarele cu o singură pereche de contacte (v. şi § 4.2.1).

4.1.1.2. *Relee regulatoare cu diferite moduri de mărire a frecvenţei de reglare*

Funcţionarea releelor regulatoare cu contacte depinde în mare măsură de frecvenţa de reglare; cu cît aceasta este mai mare, cu atît funcţionarea este mai bună. Pentru mărirea frecvenţei de reglare trebuie accelerată magnetizarea miezului cînd contactele sînt închise şi demagnetizarea lui cînd contactele sînt deschise. Dintre metodele folosite amintim: înfăşurările diferenţiale, înfăşurările de accelerare, rezistenţele de accelerare, acceleratoarele mecanice etc.

Înfăşurările diferenţiale. Accelerarea demagnetizării miezului se poate obţine prin conectarea unei înfăşurări diferenţiale W_D în paralel cu contactele regulatorului. Înfăşurarea este aşezată pe miez şi are sensul de înfăşurare invers faţă de înfăşurarea principală W_U de magnetizare (fig. 4.7, *a*).

Cînd contactele sînt închise, înfăşurarea diferenţială este scurtcircuitată şi ca urmare nu este parcursă de curent. Cînd contactele se deschid,

ea este parcursă de o parte din curentul de excitație și produce un flux demagnetizant, care grăbește închiderea contactelor mărind frecvența de reglare. Înfășurarea diferențială poate fi conectată în paralel cu rezistența de reglare (fig. 4.7, *a*), poate fi în serie cu aceasta (fig. 4.7, *b*) sau poate constitui însăși rezistența de reglare.

Înfășurările de accelerare. Înfășurarea de accelerare w_A se conectează în paralel cu înfășurarea de excitație și se așază pe miezul magnetic al

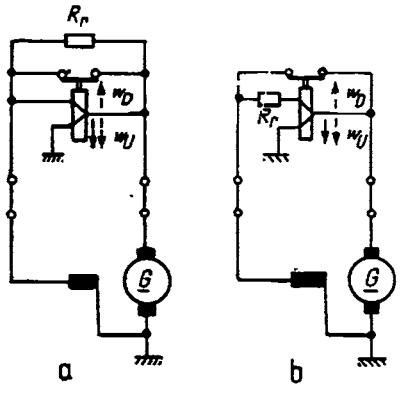


Fig. 4.7

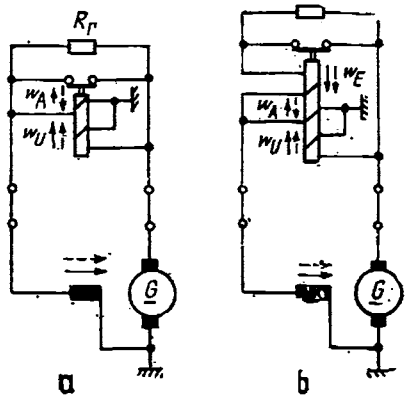


Fig. 4.8

regulatorului avînd același sens de înfășurare cu înfășurarea w_U de magnetizare (fig. 4.8, *a*).

Cînd contactele sînt închise, curentul ce trece prin înfășurarea de accelerare produce un cîmp magnetic care ajută cîmpul magnetic principal, deci accelerează deschiderea contactelor. După ce contactele se deschid prin înfășurarea de accelerare trece curentul de autoinducție al înfășurării de excitație, avînd sens opus curentului anterior. Acesta produce un cîmp demagnetizat opus cîmpului magnetic principal și ca urmare închiderea contactelor este accelerată.

Utilizarea înfășurărilor de accelerare modifică valoarea tensiunii reglate la diferite turații și sarcini, deoarece o dată cu variația curentului de excitație se modifică și acțiunea acestei înfășurări. O dată cu creșterea turației crește acțiunea de demagnetizare a înfășurării de accelerare, întrucît contactele rămîn mai mult timp deschise. Ca urmare pentru a produce deschiderea contactelor este necesar ca tensiunea înfășurării principale , care acționează pentru deschiderea acestora, să crească. Pentru evitarea acestui dezavantaj se utilizează înfășurările de egalizare (compensare).

Înfășurările de egalizare w_E se conectează în seric cu înfășurarea de excitație și se așază pe miezul regulatorului, avînd sensul de înfășurare

contrar celui al înfăşurării principale (fig. 4.8, *b*). Ea slăbeşte influenţa înfăşurării de accelerare cînd contactele sînt închise şi o întăreşte cînd acestea sînt deschise. Înfăşurarea de egalizare este străbătută de curentul de excitaţie care scade o dată cu creştere turaţiei. Ca urmare acţiunea demagnetizantă dată de această înfăşurare scade o dată cu creşterea turaţiei şi ea va compensa creşterea acţiunii de demagnetizare a înfăşurării de accelerare astfel că tensiunea reglată rămîne practic constantă (v. şi fig. 4. 22).

Rezistenţele de accelerare. Rezistenţa de accelerare R_a se conectează în serie cu rezistenţa de reglaj R_r, astfel ca înfăşurarea regulatorului de

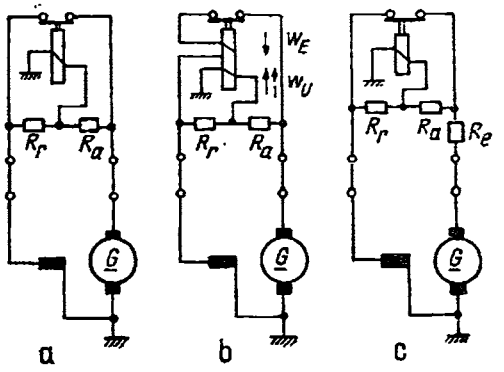


Fig. 4.9

tensiune să fie alimentată prin ea (fig. 4.9, *a*). Cînd contactele sînt închise, căderea de tensiune pe rezistenţă este mică deoarece trece un curent mic prin ea, astfel că practic asupra înfăşurării regulatorului de tensiune se aplică întreaga tensiune de la bornele generatorului. După deschiderea contactelor apare o cădere de tensiune mare pe rezistenţa de accelerare datorită creşterii curentului prin ea, care produce micşorarea tensiunii aplicate înfăşurării regulatorului de tensiune. Scăzînd fluxul de magnetizare este accelerată închiderea contactelor.

La creşterea turaţiei creşte acţiunea de demagnetizare întrucît contactele rămîn mai mult timp deschise şi ca urmare tensiunea reglată creşte. Este necesar şi în acest caz să se utilizeze înfăşurări de egalizare (fig. 4.9, *b*). Înfăşurarea de egalizare se conectează în circuitul de excitaţie şi are sensul de înfăşurare invers celui al înfăşurării principale.

În locul înfăşurării de egalizare se poate utiliza o *rezistenţă de egalizare* (*compensare*) fig. 4.9, *c*, care este conectată în circuitul de excitaţie şi al înfăşurării regulatorului, înainte de rezistenţa de accelerare. Compensarea variaţiei de tensiune la creşterea turaţiei sau scăderea sarcinii are loc datorită faptului că, o dată cu scăderea curentului de excitaţie scade şi căderea de tensiune pe rezistenţa de egalizare şi asupra înfăşurării regulatorului de tensiune se aplică o tensiune mai mare, compensînd scăderea tensiunii datorită rezistenţei de accelerare.

Acceleratorul mecanic. Acest aparat, utilizat în scopul măririi frecvenţei de reglare, se compune dintr-un arc lamelar suplimentar, care acţionează asupra armăturii mobile numai după deschiderea contactelor, mărind în acest mod cuplul antagonist al arcului principal. Acţiunea acceleratorului mecanic poate fi variată cu ajutorul unui şurub de reglare.

4.1.1.3. *Relee regulatoare cu diferite moduri de compensare termică*

Tensiunea la care acţionează releul depinde de valoarea curentului de magnetizare, care trece prin înfăşurarea acestuia. Cînd temperatura creşte se modifică rezistenţa înfăşurării şi curentul de magnetizare scade. Deoarece la o variaţie de temperatură de 50°C putem avea variaţii ale tensiunii reglate de 10 ··· 20 % este necesar să se ia măsuri pentru compensarea termică. Dintre metodele cele mai utilizate amintim utilizarea înfăşurărilor şi a rezistenţelor compensatoare, articulaţiile din bimetal şi şunturile termomagnetice. Compensarea se poate face parţial, total sau chiar în sens invers (supracompensarea, adică scăderea tensiunii reglate la creşterea temperaturii).

Compensarea termică parţială prin modificarea rezistenţei înfăşurării releului, se poate obţine cu ajutorul unei înfăşurări de constantan sau manganin, care se conectează în serie cu înfăşurarea principală de cupru. Înfăşurările de constantan sau manganin au un coeficient de temperatură al rezistivităţii foarte mic $\left(\text{de ex, } \alpha_{C_o} = 0{,}005 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{grd}} \text{ faţă de } \alpha_{C_u} = 4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{grd}}\right)$, ceea ce face variaţia rezistenţei întregii înfăşurări să scadă. De obicei înfăşurarea de constantan sau manganin are o rezistenţă egală cu 3/4 din rezistenţa totală a înfăşurării.

Rezistenţa termocompensatoare este constituită dintr-un termistor, care se conectează în serie cu înfăşurarea principală a releului (fig. 4.10). Datorită coeficienţilor negativi de temperatură ai rezistivităţii termistoarelor, care au valori de zeci de ori mai mari în valoare absolută decît cei ai metalelor, se poate face compensarea termică de orice grad. Uneori rezistenţa de compensare termică are şi rolul de rezistenţă de accelerare.

Compensarea termică prin modificarea forţei arcului lamelor se poate obţine cu ajutorul *unei lame termobimetalice* aşezată de obicei la articulaţia armăturii mobile (fig. 4. 11). Termobimetalul este un material obţinut prin laminarea simultană a două materiale cu sau fără materiale de sudură între ele, dintre care unul este termoinert (de ex. invar), iar celălalt termoactiv (de ex. crom-nichel). Termobimetalul se aşază cu materialul termoinert spre miez astfel că prin încălzire forţa bimetalului produsă de deformaţia termică ajută forţa magnetică a electromagnetului acţionînd asupra

armăturii mobile. Cu ajutorul termobimetalului se poate obține o compensare completă și chiar supracompensarea.

Compensarea termomagnetică se realizează cu materiale termomagnetice (termalloy sau calmalloy) care au punctul de dispariție al proprietăților magnetice la temperaturi apropiate de temperatura ambiantă. Șuntul termomagnetic se așază între miezul și jugul releului, astfel că prin el trece o parte din fluxul de dispersie (fig. 4.12).

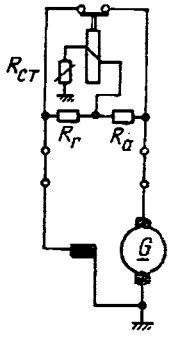


Fig. 4.10

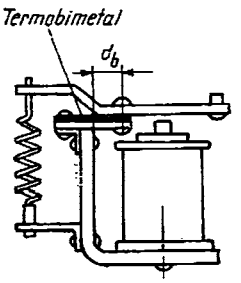


Fig. 4.11

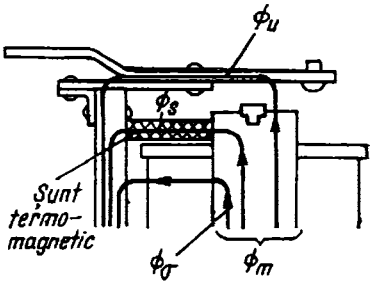


Fig. 4.12

O dată cu creșterea temperaturii scade fluxul de dispersie, în timp ce fluxul util rămîne constant sau poate chiar să crească, ceea ce compensează diminuarea solenației o dată cu creșterea temperaturii.

4.1.1.4. *Relee regulatoare cu contacte pentru alternatoare*

Releele regulatoare cu contacte pentru alternatoare sînt mai simple decît releele pentru dinamuri, întrucît ele cuprind de obicei numai elementele regulatoare de tensiune. Limitatoarele de curent sînt necesare numai la alternatoarele de putere mare, deoarece în mod obișnuit după cum s-a arătat alternatoarele au proprietatea de autolimitare a curentului. De asemenea datorită prezenței punții redresoare, alternatoarele nu mai au nevoie de relee conjunctor-disjunctoare, decît cel mult pentru deconectarea excitației la oprire.

Menționăm că condițiile de funcționare ale releelor în cazul alternatoarelor sînt mai grele decît în cazul dinamurilor, deoarece circuitele de excitație sînt mai inductive în acest caz, și ca urmare construcția releelor pentru alternatoare diferă întrucîtva de cea a releelor pentru dinamuri. Cele mai răspîndite relee regulatoare cu contacte pentru alternatoare sînt releele regulatoarelor cu un singur element de tensiune, cu două trepte de funcționare, respectiv două perechi de contacte (fig. 4.13). Funcționarea acestor relee se aseamănă cu cea a releelor pentru dinam.

Releele pentru alternatoare cuprind în afară de rezistența de reglare R_r conectată între borna principală plus și borna de exitație, o rezistență de stingere (absorbție) R_s conectată în paralel cu înfășurarea de excitație, care are rolul de a micșora supratensiunile ce apar datorită variației curentului de excitație în momentul deschiderii contactelor. Se mai utilizează și o rezistență de compensare R_{CT} cu coeficient de temperatură al rezistivității negative, care se introduce în serie cu înfășurarea de tensiune a releului pentru a obține compensarea influenței temperaturii asupra reglării.

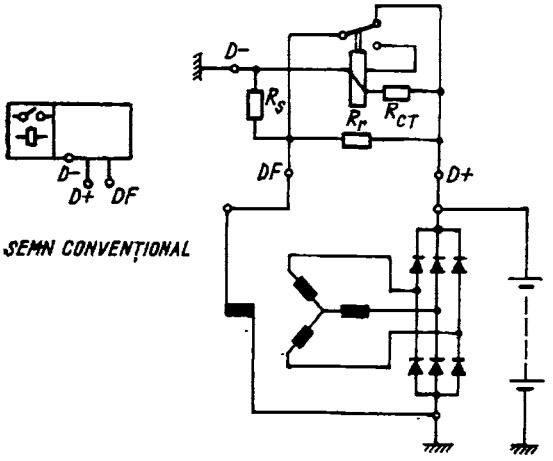


Fig. 4.13

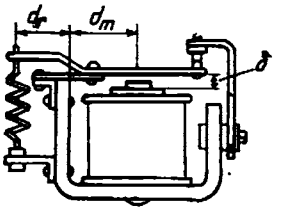


Fig. 4.14

Uneori se utilizează pentru alternatoare, *relee regulatoare cu mai multe elemente* care cuprind de obicei cîte un regulator de tensiune și un conjunctor-disjunctor pentru excitație. Pentru alternatoare de puteri mai mari sînt necesare și limitatoare de curent (v. subcap. 4.3).

Reglarea tensiunii alternatoarelor cu magnet permanent se poate face cu ajutorul releelor regulatoare, care lucrează împreună cu amplificatoarele magnetice montate pe alternatoare sau cu relee regulatoare cu tiristoare.

4.1.2. CARACTERISTICILE DE FUNCȚIONARE ALE RELEELOR REGULATOARE CU CONTACTE

Funcționarea releelor cu contacte depinde de momentul deschiderii, respectiv închiderii contactelor. Acesta are loc teoretic, cînd avem egalitate între cuplul datorit forțelor magnetice ale electromagnetului F_m și cuplul forței elastice a arcului F_r

$$F_m\, d_m = F_r \cdot d_r, \tag{4.1}$$

unde : d_m reprezintă distanța pînă la miezul magnetului,
d_r — distanța pînă la arc (fig. 4.14).

Forța arcului depinde de constanta elastică k_r și de deformația arcului Δ

$$F_r = k_r \Delta \tag{4.2}$$

în timp ce forța magnetică este proporțională cu pătratul inducției în întrefier B_0^2 și cu secțiunea miezului magnetic S_m

$$F_m = K_m B_0^2 S_m. \tag{4.3}$$

Pe de altă parte notînd cu δ lungimea întrefierului (fig. 4.14) avem relația între inducția și solenația electromagnetului

$$\theta = k B_0 \delta. \tag{4.4}$$

Înlocuind valorile de mai sus obținem expresia solenației corespunzătoare momentului deschiderii, respectiv închiderii contactelor

$$\theta = k\delta \sqrt{\frac{K_r d_r \Delta}{K_m d_m S_m}}. \tag{4.5}$$

Rezultă că momentele deschiderii și închiderii contactelor depind de întrefierul dintre miez și armătură δ, respectiv de deformația arcului Δ, mărimi care se pot regla.

În cele ce urmează vom analiza principalii parametrii, care interesează în funcționarea releelor regulatoare de tensiune, a limitatoarelor de curent și conjunctor-disjunctoarelor.

4.1.2.1. *Caracteristicile regulatoarelor de tensiune*

După cum s-a arătat releul regulator de tensiune (fig. 4.1) asigură prin deschiderea respectiv închiderea contactelor o valoare practic constantă a tensiunii, numită tensiune reglată U_r.

Notînd cu w_u numărul de spire și cu R_u rezistența înfășurării releului de tensiune se poate determina valoarea tensiunii reglate în funcție de parametrii constructivi observînd că

$$\theta = w_u \frac{U_r}{R_u} \tag{4.6}$$

de unde rezultă

$$U_r = \frac{R_u}{w_u} K\delta \sqrt{\frac{K_r d_r \Delta}{K_m d_m S_m}}, \tag{4.7}$$

sau

$$U_r = \rho_0 [1 + \alpha (\tau - \tau_0)] \frac{l_m}{s_u} K \delta \sqrt{\frac{K_r d_r \Delta}{K_m d_m S_m}} \tag{4.8}$$

unde: ρ_0 reprezintă rezistivitatea conductorului înfășurării electromagnetului la temperatura de referință τ_0;
α — coeficientul de temperatură al rezistivității;
τ — temperatura de lucru;
l_m — lungimea spirei medii;
s_u — secțiunea conductorului.

Din această relație se pot vedea factorii care influențează asupra tensiunii reglate. Se observă că o dată cu creșterea temperaturii conductorului tensiunea reglată U_r crește, ceea ce am văzut că nu este de dorit. Este deci necesar să se compenseze influența temperaturii asupra tensiunii reglate. În fig. 4.15 este arătată variația tensiunii reglate în funcție de temperatură pentru un releu necompensat *a*, compensat parțial *b*, compensat complet *c* și supracompensat *d*.

Utilizînd *o înfășurare combinată din cupru și constantan* se poate obține o compensare parțială a influenței temperaturii. În cazul în care rezistențele

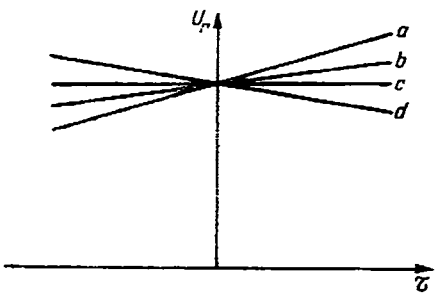


Fig. 4.15

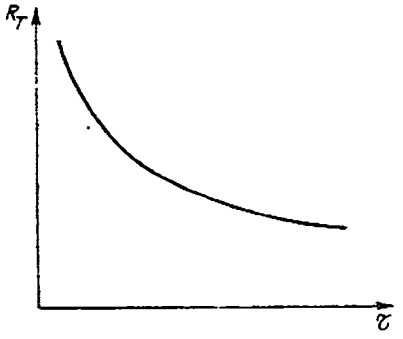


Fig. 4.16

celor două înfășurări sînt egale se obține spre exemplu o compensare pe jumătate

$$U_r \approx U_{r_0} \left[1 + \frac{\alpha_{Cu}}{2} (\tau - \tau_0)\right], \tag{4.9}$$

unde

U_{r_0} reprezintă tensiunea reglată la temperatura normală.

O compensare mai bună se obține prin utilizarea *rezistenței de compensare cu coeficient de temperatură negativ*, spre exemplu a termistorului

(fig. 4.10). Variația rezistenței în funcție de temperatură pentru un termistor (fig. 4.16) este dată de relația

$$R_\tau = R_0 \, e^{B\left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{\tau_0}\right)} \tag{4.10}$$

unde B este o constantă de material. Termistorul poate asigura compensarea completă a releului regulator și chiar supracompensarea lui (fig. 4.15, *c*).

În cazul utilizării *unei compensări cu termobimetal* (fig. 4. 11) acționarea contactelor are loc în momentul echilibrării cuplului forței elastice a arcului F_r de către suma cuplurilor forței magnetice F_m și al forței datorite deformației termice a bimetalului F_b

$$F_r \cdot d_r = F_m \cdot d_m + F_b \cdot d_b \,. \tag{4.11}$$

Se poate arăta că forța care apare la capătul lamei bimetalice este proporțională cu temperatura

$$F_b = K_b \, (\tau - \tau_0). \tag{4.12}$$

Utilizînd formulele precedente obținem

$$U_r = U_{r_0} [1 + \alpha \, (\tau - \tau_0)] \sqrt{1 - \frac{K_b \, d_b \, (\tau - \tau_0)}{K_r \, d_r \, \Delta}} \approx U_{r_0} \Bigg[1 + \\ + \left(\alpha - \frac{K_b \, d_b}{2 \, k_r \, d_r \, \Delta} \right) (\tau - \tau_0) \Bigg]. \tag{4.13}$$

Compensarea completă se obține din condiția

$$\alpha = \frac{K_b \, d_b}{2 \, K_r \, d_r \, \Delta}. \tag{4.14}$$

De obicei bimetalele se dimensionează pentru supracompensare.

În cazul utilizării unui șunt termomagnetic (fig. 4.12) compensarea se face pînă la punctul Curie τ_c întrucît peste această temperatură șuntul devine nemagnetic. În fig. 4.17 este arătată dependența inducției magnetice B_c de temperatură, la un cîmp magnetic constant, pentru materiale termomagnetice.

Dependența între inducția B la temperatura τ și inducția B_0 la temperatura zero se aproximează cu relația

$$B = \left(1 - \frac{\tau}{\tau_c}\right) B_0, \tag{4.15}$$

în care τ_c este temperatura punctului Curie. Se poate arăta că în acest caz tensiunea reglată are valoarea (v. Cristea M. „Echipament pentru autovehicule" [1]).

$$U_r = \frac{R_u}{w_u} k \left[R_m S_s \mu_0 \left(1 - \frac{\tau}{\tau_0}\right) H_0 + S_m \left(R_m + \frac{\delta}{S_m}\right) \sqrt{\frac{K_r d_r \Delta}{K_m d_m S_m}} \right] \tag{4.16}$$

unde: μ_0 este permeabilitatea la $\tau = \tau_0$ și $H = H_0$;
R_m — reluctanța magnetică a miezului, jugului și armăturii;
S_s — secțiunea șuntului magnetic. Tensiunea reglată scade până cînd temperatura ajunge la τ_c (fig. 4. 17, *b*).

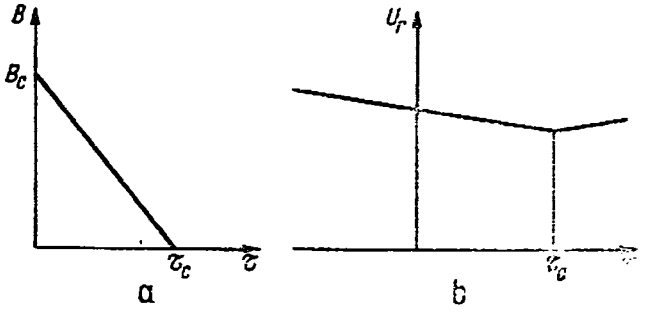


Fig. 4.17

Modul de funcționare al regulatoarelor de tensiune la turații variabile. Tensiunea reglată de regulatoarele de tensiune nu este absolut constantă în timpul funcționării relcului, ci are un caracter pulsatoriu prezentînd creșteri și descreșteri repetate. Prin tensiune reglată înțelegem de fapt o medie între tensiunea maximă U_{max} la care se deschid contactele și tensiunea minimă U_{min} la care se închid. Diferența între aceste două tensiuni $2\Delta U$ reprezintă amplitudinea pulsațiilor de tensiune

$$2\Delta U = U_{max} - U_{min}. \tag{4.17}$$

Viteza cu care crește tensiunea generatorului în timpul închiderii contactelor și cu care scade în timpul deschiderii acestora depinde de turația generatorului. În fig. 4.18 sînt arătate curbele de creștere și descreștere ale tensiunii generatorului pentru turațiile maximă, medie și minimă. Se observă că cu cît turația crește, cu atît generatorul se excită mai repede și se dezexcită mai încet. Dacă trasăm în figură dreptele corespunzătoare tensiunilor de deschidere U_{max} și de închidere U_{min} se pot deduce timpii de închi-

dere t_i şi de deschidere t_d a contactelor. Se observă că o dată cu creşterea turaţiei timpul de deschidere a contactelor creşte.

În fig. 4.19 sînt reprezentate curbele teoretice de variaţie ale tensiunii, rezistenţei din circuitul de excitaţie şi curentului de excitaţie pentru cele trei turaţii amintite. Curbele de variaţie ale tensiunii (fig. 4.19, *a*) constau din porţiuni ale curbelor de creştere şi descreştere ale tensiunilor deduse din

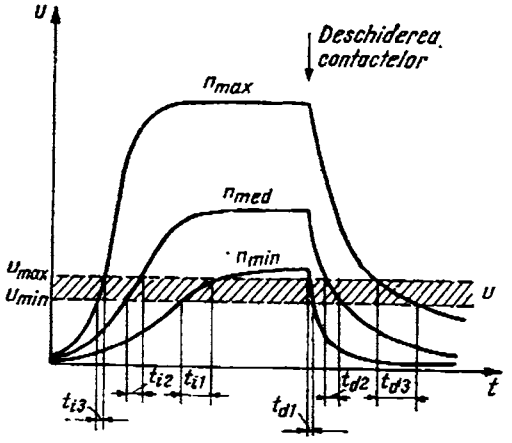


Fig. 4.18

fig. 4.18. În fig. 4.19, *b* este arătată valoarea rezistenţei din circuitul de excitaţie, care variază de la valoarea rezistenţei de excitaţie R_e corespunzătoare contactelor închise, pînă la valoarea sumei dintre rezistenţa de excitaţie şi rezistenţa de reglare $R_e + R_r$ corespunzătoare contactelor deschise. În fig. 4.19, *c* este arătată variaţia curentului de excitaţie i_e a cărui valoare medie scade o dată cu creşterea turaţiei. Trebuie să menţionăm că curbele reale ale variaţiei tensiunii şi curentului diferă de cele teoretice arătate mai sus întrucît intervin şi alţi factori cum ar fi inerţia mecanică a releelor etc.

Se poate determina analitic valoarea curentului mediu de excitaţie. Considerăm o turaţie constantă n cuprinsă între n_{min} şi n_{max} şi scriem ecuaţiile circuitului de excitaţie pentru starea închisă respectiv deschisă a contactelor. Neglijăm rezistenţa şi inductivitatea de dispersie a indusului precum şi rezistenţa de trecere a contactelor regulatorului. În acest caz valorile instantanee ale tensiunii la bornele generatorului sînt :

— pentru contacte închise $u \approx R_e i_e + L_e \left(\frac{\mathrm{d}i_e}{\mathrm{d}t}\right)_i$; (4.18)

— pentru contacte deschise $u \approx (R_e + R_r)\, i_e + L_e \left(\frac{\mathrm{d}i_e}{\mathrm{d}t}\right)_d$, (4.19)

unde: R_e şi L_e reprezintă rezistenţa şi inductivitatea înfăşurării de excitaţie. Notînd cu T_e constanta de timp a excitaţiei avem relaţia

$$T_e = \frac{L_e}{R_e}, \tag{4.20}$$

de unde rezultă:

— pentru contacte închise $u \approx R_e i_e + T_e \left(\frac{du}{dt}\right)_i$ (4.21)

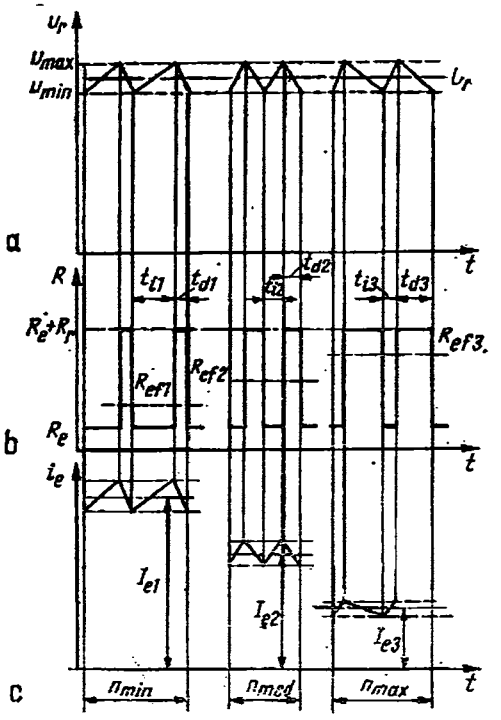


Fig. 4.19

— pentru contacte deschise $u \approx (R_e + R_r) i_e + T_e \left(\frac{du}{dt}\right)_d$ (4.22)

Înlocuind valorile instantanee ale tensiunilor u prin valoarea medie U_{med}, valorile instantanee ale curenţilor i_e prin valoarea medie I_e şi luînd în considerare valoarea amplitudinii pulsaţiilor de tensiune se obţine:

$$U_{med} - R_e I_{e\,med} = T_e \frac{2\Delta U}{t_i}; \tag{4.23}$$

$$U_{med} - (R_e + R_r)\, I_{e\,med} = - T_e \frac{2\Delta U}{t_d}. \tag{4.24}$$

Notînd timpul relativ de deschidere a contactelor cu

$$\tau_d = \frac{t_d}{t_i + t_d} \tag{4.25}$$

obţinem

$$T_{e\,med} = \frac{U_{med}}{R_e + R_r \tau_d}. \tag{4.26}$$

Se observă că curentul mediu de excitaţie depinde de timpul relaţiv de deschidere a contactelor, care la rîndul său este funcţia de turaţie. Cînd turaţia creşte timpul de deschidere a contactelor creşte şi curentul de excitaţie scade.

Caracteristica de lucru a regulatoarelor de tensiune. După cum s-a arătat, în practică interesează valorile medii ale tensiunii reglate, respectiv ale curentului de excitaţie. Prin caracteristici de lucru ale regulatoarelor înţelegem curbele de variaţie ale tensiunii reglate (la bornele generatorului) şi a curentului de excitaţie în funcţie de turaţia generatorului.

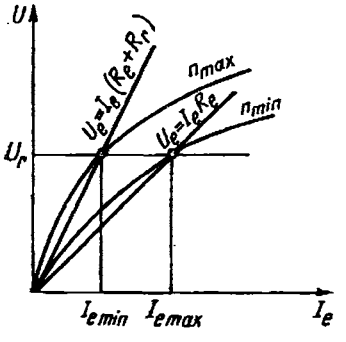


Fig. 4.20

Regulatorul poate menţine tensiunea practic constantă numai într-un anumit domeniu de turaţii (fig. 4.20). Turaţia limită inferioară este aceea la care se atinge tensiunea reglată cu excitaţia naturală a generatorului (corespunzătoare rezistenţei excitaţiei R_e). Caracteristica de mers în gol a generatorului în acest caz trece prin punctul de intersecţie al dreptei $U_e = I_e R_e$ cu dreapta corespunzătoare tensiunii reglate U_r. În acest fel se obţine curentul de excitaţie maxim

$$I_{e\,max} = \frac{U_r}{R_e}. \tag{4.27}$$

Turaţia limită superioară corespunzătoare tensiunii reglate se obţine cînd în serie cu înfăşurarea de excitaţie este conectată rezistenţa de reglare R_r. Caracteristica generatorului în acest caz trece prin punctul de intersecţie al dreptei $U_e = I_e (R_e + R_r)$ cu dreapta corespunzătoare tensiunii reglate U_r. În acest caz se obţine curentul de excitare minim

$$I_{e\,min} = \frac{U_r}{R_e + R_r}. \tag{4.28}$$

Raportul dintre curentul de excitație maxim și curentul de excitație minim se numește *factor de reglare k*

$$k = \frac{I_{e\ max}}{I_{e\ min}}. \tag{4.29}$$

Cu cît factorul de reglare este mai mare, cu atît este mai mare domeniul de turații cuprins între turația minimă și turația maximă în care se poate menține tensiunea practic constantă.

Introducînd factorul de reglare în relațiile de mai sus obținem

$$k = \frac{R_e + R_r}{R_e}, \tag{4.30}$$

sau

$$R_r = (k - 1)\, R_e. \tag{4.31}$$

Se observă că cu cît dorim un domeniu de turații și un factor de reglare mai mare, cu atît este necesară o valoare mai mare a rezistenței de reglare.

În fig. 4.21, *a* este reprezentată caracteristica tensiune funcție de turație a unui regulator cu o singură treaptă de funcționare. La turații mici contactele regulatorului sînt închise și curentul de excitație crește pînă la valoarea $I_{e\ max}$. În acest moment intră în funcțiune regulatorul, contactele încep să se deschidă și curentul de excitație scade pînă la valoarea $I_{e\ min}$. În continuare contactele rămîn deschise, curentul de excitație crește și o dată cu el crește și tensiunea.

În cazul cînd generatorul funcționează în sarcină curbele de reglaj ale curentului de excitație sînt deplasate înspre turații crescătoare.

Mărirea frecvenței de reglare a regulatorului. Frecvența f de reglare a regulatorului, depinde de timpul de închidere t_i și de deschidere t_d al contactelor

$$f = \frac{1}{t_i + t_d}. \tag{4.32}$$

La turația minimă de reglaj, contactele sînt în permanență închise astfel că frecvența este zero. La turație maximă de reglaj contactele sînt în permanență deschise astfel că frecvența este de asemenea zero. Între cele două turații extreme se găsește turația la care frecvența este maximă. În fig. 4.21, *b* este arătată curba de variație a frecvenței de reglare funcție de turație.

Cu cît frecvența de reglare este mai mare cu atît funcționarea releului este mai corespunzătoare, adică pulsațiile de tensiune sînt mai mici. Pen-

tru a mări frecvența de reglare, în afară de măsurile de ordin mecanic de micșorare a inerției sistemului, se obișnuiește să se aplice diferite măsuri de accelerare. În cazul utilizării înfășurărilor de accelerare (fig. 4.8, *a*) sau a rezistențelor de accelerare (fig. 4.9, *a*), apare o creștere a valorii tensiunii reglate (curba *2* fig. 4.22) o dată cu creșterea turației. Prin utilizarea înfășurărilor de egalizare (fig. 4.8, *b* și 4.9, *b*) această variație nedorită a tensiunii reglate în funcție de turație se poate corecta (curba *3* fig. 4.22).

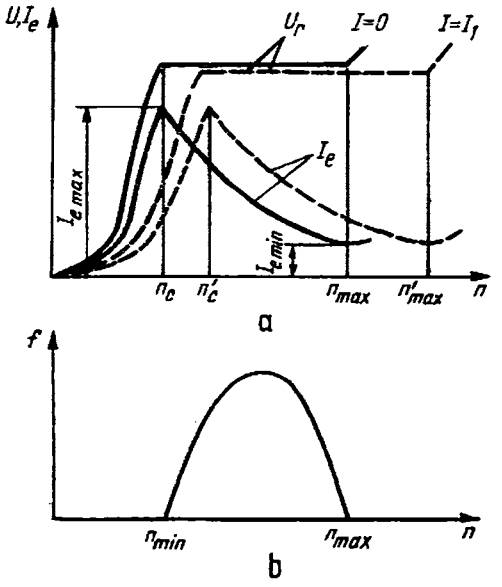


Fig. 4.21

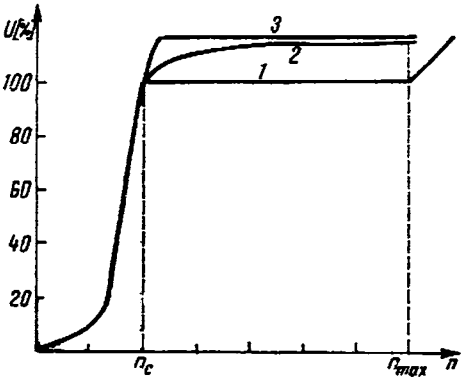


Fig. 4.22

Puterea de rupere a contactelor. La deschiderea contactelor între ele apare o tensiune U_k egală cu căderea de tensiune pe rezistența de reglare. În primul moment după deschiderea contactelor datorită selfinducției prin excitație continuă să treacă curentul I_e, circuitul închizîndu-se prin rezistența de reglare care produce căderea de tensiune U_k. Rezultă

$$U_k = I_e R_r. \tag{4.33}$$

Gradul de acțiune destructivă a scînteilor asupra contactelor este caracterizat prin puterea de rupere

$$P_k = U_k I_e. \tag{4.34}$$

Rezultă că puterea de rupere pe contacte este proporțională cu pătratul curentului de excitație și cu rezistența de reglare

$$P_k = I_e^2 R_r. \tag{4.35}$$

Valoarea maximă a puterii de rupere are loc la turația minimă de reglare a generatorului. În practică pentru funcționare corespunzătoare a contactelor, valoarea maximă a puterii de rupere nu trebuie să depășească

$$P_{k\ max} = I_{e\ max}^2 R_r \leqslant 150 \ldots 200 \text{ VA}. \tag{4.36}$$

Pentru a putea utiliza releele pentru domenii de turații și puteri mari ale generatoarelor este necesar să se ia unele măsuri cum ar fi utilizarea releelor regulatoare cu două trepte de funcționare sau a releelor cu două elemente de reglare a tensiunii.

Caracteristicile de lucru ale regulatoarelor de tensiune cu două trepte. În cazul regulatoarelor cu două perechi de contacte (fig. 4.6) prima treaptă de funcționare se aseamănă cu cea a regulatoarelor cu o singură pereche de contacte. Pentru a menține tensiunea reglată constantă cînd turația crește, curentul de excitație mediu scade în prima treaptă de funcționare pînă la valoarea corespunzătoare sumei dintre rezistența de excitație și rezistența de reglare. Dacă turația crește în continuare, intră în funcțiune a doua pereche de contacte care scurtcircuitează înfășurarea de excitație, ceea ce produce menținerea tensiunii la o valoare practic constantă în timp ce curentul de excitație scade în continuare. Se observă între cele două trepte de funcționare o mică diferență între valorile tensiunii reglate, care se datorește pragului de tensiune la trecerea de la o treaptă la cealaltă.

În fig. 4.23, *a* sînt reprezentate caracteristicile de lucru funcție de turație pentru diferiți curenți de sarcină. Se observă că pe măsură ce crește curentul de sarcină, crește și valoarea curentului de excitație pentru o anumită valoare a turației. De asemenea cînd curentul de sarcină crește, pragul de trecere de la o treaptă la alta se deplasează spre turații crescătoare. În fig. 4.23, *b* este arătată frecvența de reglare în funcție de turație.

În cazul releelor cu două trepte de funcționare pentru alternatoare, se obișnuiește să se utilizeze caracteristicile de lucru curent funcție de tensiune pentru turații constante mari (fig. 4.23, *c*). Aceste caracteristici se pot determina din cele precedente și permit observarea pragului de tensiune. În figură se arată zonele admise pentru variația de tensiune și se remarcă faptul că reglarea nu se verifică în apropierea regimului de mers în gol (care nu se recomandă pentru alternatoare).

4.1.2.2. *Caracteristicile regulatoarelor de curent*

Regulatorul de curent (v.fig.4.2) produce deschiderea respectiv închiderea contactelor pentru o valoare practic constantă a curentului numită curent reglat I_r. Notînd cu w_i numărul de spire al înfășurării

releului de curent se poate deduce valoarea curentului reglat folosind relații similare cu cele de la regulatorul de tensiune

$$\theta = w_i I_r \tag{4.37}$$

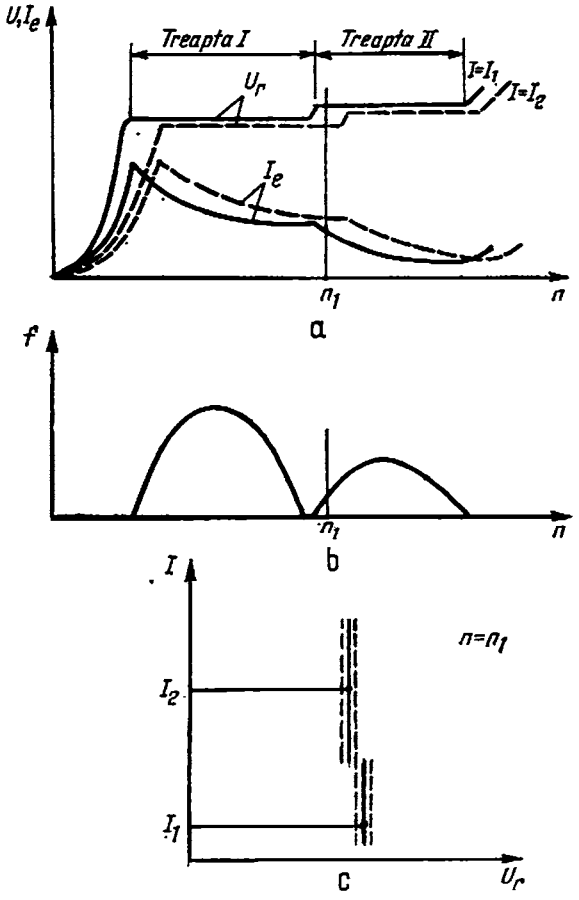


Fig. 4.23

și

$$I_r = \frac{\delta}{w_i \cdot K} \sqrt{\frac{K_r d_r \Delta}{K_m d_m S_m}} . \tag{4.38}$$

Din această relație rezultă factori care au influență asupra curentului reglat. Se observă că în acest caz influența temperaturii este mai mică întrucît în expresia curentului reglat nu mai intervine rezistența înfășurării.

Caracteristicile externe ale releelor combinate. Caracteristicile externe ale releelor combinate reprezintă dependența dintre tensiune și curent pentru turație și temperatură constante. După cum s-a mai arătat în cazul releelor avînd elemente separate pentru reglarea tensiunii și curentului (v. fig. 4.5, *a*) avem o caracteristică frîntă (fig. 4.24, *a*). În prima parte a caracteristicii lucrează regulatorul de tensiune, care menține constantă tensiunea conform relației (4.8). Crescînd curentul intră în funcțiune și limitatorul de curent, care menține constant curentul conform relației

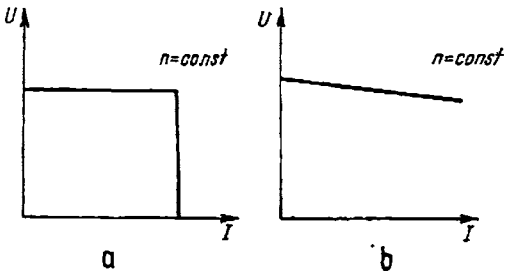


Fig. 4.24

(4.38). În cazul în care releele au supracompensare de temperatură se poate obține o creștere a tensiunii și curentului reglate în timpul iernii (fig. 4.15, *d*). În cazul releelor avînd un singur element pentru reglarea tensiunii și curentului (v. fig. 4.5) avem o caracteristică înclinată. (fig. 4.24, *b*). Pe măsură ce crește curentul tensiunea reglată scade. Acest lucru se poate deduce exprimînd solenația rezultantă.

$$\theta = w_u \frac{U}{R_u} + w_i I. \tag{4.39}$$

Rezultă în acest caz următoarea expresie a tensiunii reglate

$$U_r = \frac{R_u}{w_u}\left[\frac{\delta}{K}\sqrt{\frac{K_r d_r \Delta}{K_m d_m S_m}} - w_i I\right]. \tag{4.40}$$

De obicei se prescrie ca tensiunea reglată la curentul nominal să nu scadă mai mult de 10....15% față de tensiunea la mersul în gol.

4.1.2.3. *Caracteristicile conjunctor-disjunctoarelor*

Releul conjunctor-disjunctor (v. fig. 4.2) produce conectarea respectiv deconectarea dinamului în paralel cu bateria. Notînd cu w_u numărul de spire respectiv cu U tensiunea înfășurării de tensiune, cu w_i numărul

de spire respectiv şi cu I curentul înfăşurării de curent obţinem expresia solenaţiei totale

$$\theta = w_u \frac{U}{R_u} + w_i I. \tag{4.41}$$

Tensiunea de conectare U_c rezultă în funcţie de solenaţia de conectare θ_c, ţinînd seama că în acest caz curentul produs de generator prin înfăşurarea de curent este nul

$$U_c = \theta_c \frac{R_u}{w_u}. \tag{4.42}$$

Tensiunea de deconectare U_d rezultă în funcţie de solenaţia necesară pentru deconectare θ_d (care este mai mică decît solenaţia pentru conectare şi de curentul de deconectare I_d

$$U_d = \theta_d \frac{R_u}{w_u} + w_i \frac{R_u}{w_u} I_d. \tag{4.43}$$

Notăm cu U_{do} tensiunea de decuplare a releului la mers în gol care are expresia

$$U_{do} = \theta_d \frac{R_u}{w_u} \tag{4.44}$$

şi

$$R_{uo} = \frac{w_i}{w_u} R_u, \tag{4.45}$$

obţinem

$$U_d = U_{do} + R_{uo} I_d. \tag{4.46}$$

Această relaţie arată dependenţa între tensiunea de deconectare şi curentul invers. Ea se poate reprezenta prin caracteristica de deconectare a releului conjunctor-disjunctor care este o dreaptă avînd panta R_{uo} (fig. 4.25).

Curentul invers se poate determina cu relaţia

$$I_d = \frac{U_d - U_{do}}{R_{uo}} = \frac{U_d w_u}{R_u w_i} - \frac{\theta_d}{w_i}. \tag{4.47}$$

Se observă că deconectarea la curenți inverși are loc la tensiuni de deconectare mai mari decît tensiunea de deconectare la mers în gol. Se recomandă ca tensiunea de deconectare la mers în gol să fie cu 2...3 V mai mică decît tensiunea de conectare pentru a evita fenomenul de conectări repetate, care poate distruge contactele releului.

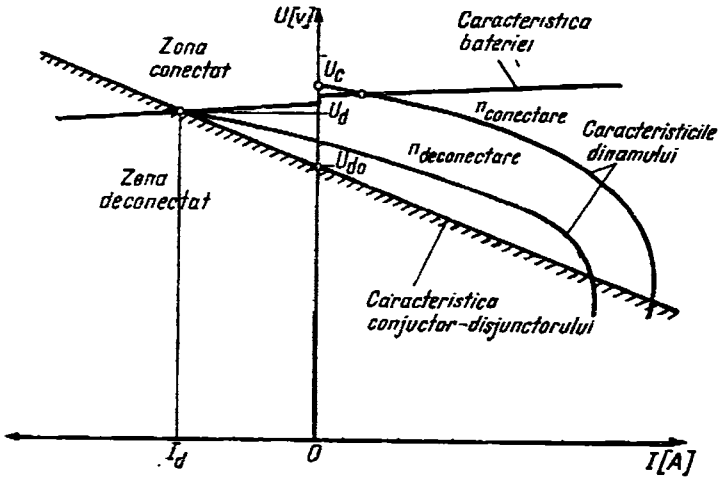


Fig. 4.25

4.1.3. CONSTRUCȚIA RELEELOR REGULATOARE CU CONTACTE

Releele regulatoare diferă între ele după numărul de elemente componente și după construcția acestora. La rîndul lor elementele releelor diferă după rolul lor funcțional și după piesele componente.

În general elementele releelor regulatoare au următoarele părți componente principale (fig. 4.26, *a*) : miezul *1*, jugul *2*, înfășurările *3*, armătura mobilă *4*, contactul mobil *5*, lama *6*, arcul *7*, suportul arcului *8*, suportul contactului fix *9* și contactul fix *10*.

În fig. 4.26 sînt arătate trei tipuri de elemente regulatoare cu o treaptă de funcționare *a* și *b* și cu două trepte de funcționare *c*.

Circuitul magnetic al releului este format din armătura fixă compusă din miez de jug și din armătura mobilă. Miezul central are o formă cilindrică și se execută din materiale feromagnetice cu permeabilitate bună, care în cazul releelor pentru alternatoare trebuie să aibă pierderi prin histerezis mici. Jugul releelor are forma de U (fig. 4.26, *a*) sau L

(fig. 4.26, *b*) şi se execută din tablă decapată îndoită. Uneori pe miez sau pe armătura mobilă se fixează un nit din material nemagnetic care evită lipirea armăturii mobile de miez.

Înfăşurările electromagnetului pot fi : înfăşurări de tensine cu spire multe din sîrmă subţire ; înfăşurări de curent cu spire puţine şi sîrmă groasă ; înfăşurări auxiliare de accelerare, egalizare, diferenţiale sau de compensare. Înfăşurările se bobinează pe o carcasă izolată aşezată pe miez.

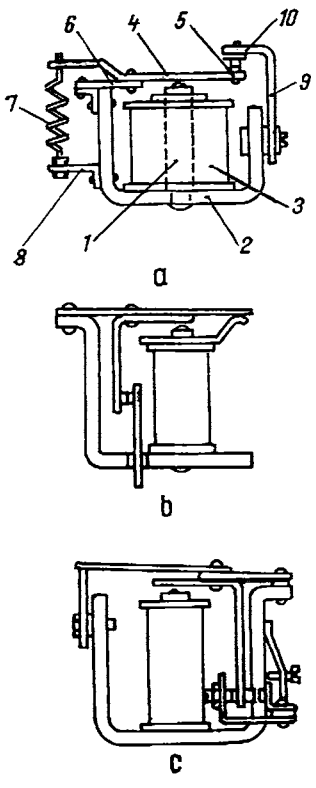


Fig. 4.26

Armătura mobilă numită şi paletă, diferă ca formă putînd fi dreaptă (fig. 4.26, *a*) sau îndoită la 90° (fig. 4.26, *c*). Ea se execută din tablă decapată şi se fixează pe jug prin intermediul unei piese din oţel de arc. Armătura este menţinută în poziţie de repaus de către arcuri care pot fi spirale (fig. 4.26, *a*) sau plate (fig. 4.26, *b* şi *c*). În cazul arcurilor spirale reglarea întinderii arcului se face cu ajutorul unui şurub de reglaj sau prin îndoirea suportului de fixare a arcului, iar în cazul arcurilor plate prin îndoirea suportului de reazim al arcului.

Contactele se compun din contactul mobil fixat pe armătura mobilă şi contactul fix de pe suportul reglabil. Contactele regulatoarelor de tensiune cu o singură treaptă se execută de obicei din wolfram, cele ale limitatoarelor de curent din wolfram sau din wolfram şi argint, iar ale releelor conjunctor-disjunctoare din argint. Pentru regulatoare cu două trepte de funcţionare se recomandă contactele din argint grafit.

Distanţa între contacte se reglează prin deplasarea suportului contactului fix. În cazul releelor cu două trepte de funcţionare (pentru alternatoare), prin modificarea poziţiei contactului fix pentru treapta I se poate regla întrefierul între armătura mobilă şi miez, iar prin modificarea poziţiei contactului fix pentru treapta II se schimbă distanţa între contacte.

Elementele releelor regulatoare se montează pe subansambluri carcasă, care cuprinde un suport de tablă cu plăci izolante, diferite piese de legătură, rezistenţe şi borne. Rezistenţele pot fi rezistenţe de reglare, de accelerare, de egalizare de absorbţie sau de compensare. Închiderea releului se face cu un capac de metal sau masă plastică prevăzut cu garnitură de etanşare.

Relee regulatoare cu contacte pentru dinamuri. *Relee regulatoare cu trei elemente.* Acestea sînt cele mai răspîndite datorită avantajelor lor teh-

nice. În fig. 4.27 sînt arătate două astfel de relee utilizate pe autocamioane românești. Ambele relee cuprind cîte trei elemente : regulatorul de tensiune, limitatorul de curent și conjunctor-disjunctorul.

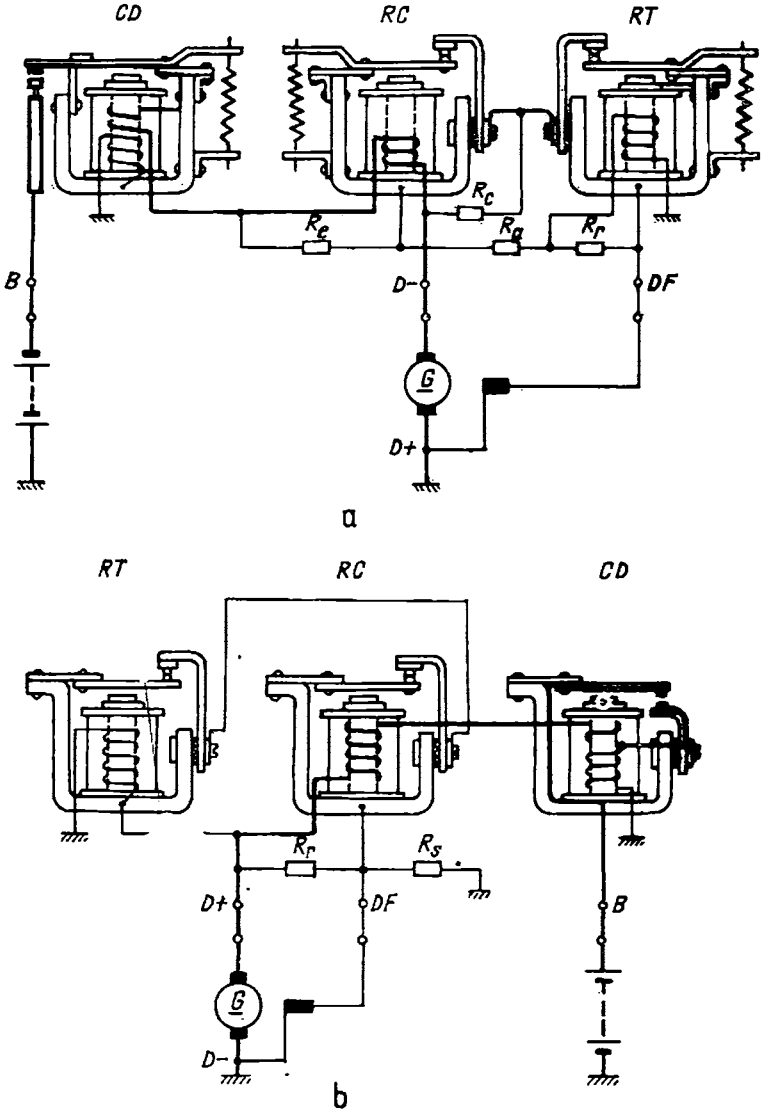


Fig. 4.27

Releul regulator tip RR1 pentru autocamionul SR 101 (fig. 4.27, *a*) are elemente cu armături mobile plate și arcuri spirale. Remarcăm prezența

unui şunt termomagnetic pentru compensarea influenţei variaţiilor de temperatură asupra funcţionării regulatorului de tensiune. Pentru mărirea frecvenţei de reglare se foloseşte o rezistenţă de accelerare R_a în serie cu rezistenţa de reglare R_r. Această rezistenţă poate avea şi rolul de rezistenţă de compensare pentru temperatură. Un capăt al înfăşurării regulatorului de tensiune se leagă la masă, iar celălalt capăt la rezistenţele R_r şi R_a.

Limitatorul de curent are acelaşi sistem magnetic ca regulatorul de tensiune cu excepţia şuntului magnetic. Înfăşurarea limitatorului este

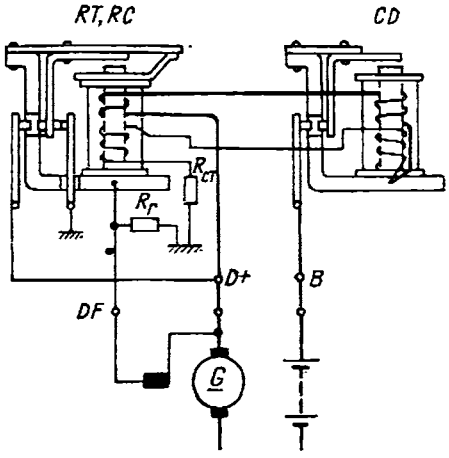


Fig. 4.28

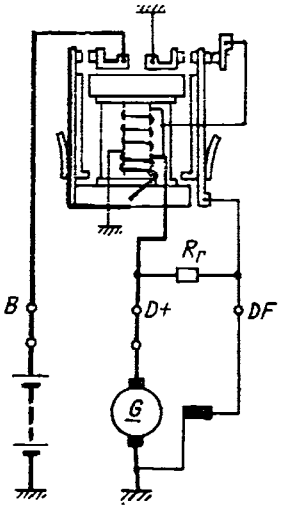


Fig. 4.29

legată cu un capăt la înfăşurarea serie a conjunctor-disjunctorului şi cu celălalt capăt la borna plus a dinamului. Rezistenţa de reglare pentru limitatorul de curent R_c este legată în paralel cu contactele acestuia. Pentru compensarea influenţei turaţiei asupra tensiunii reglate se utilizează o rezistenţă de egalizare R_e. Releul regulator tip RR 450 (fig. 4.27, *b*) este destinat pentru funcţionare pe autocamionul SR 131. Elementele releului cuprind armături mobile plate şi arcuri plate. Regulatorul de tensiune are o singură pereche de contacte. Se foloseşte o singură rezistenţă de reglare R_r comună atît pentru tensiune cît şi pentru curent, fără alte rezistenţe de accelerare. În paralel cu înfăşurarea de excitaţie este conectată o rezistenţă de stingere R_s.

Relee regulatoare cu două elemente. Deşi asigură performanţe tehnice mai scăzute, releele regulatoare cu două elemente se fabrică în străinătate, pentru preţul lor redus.

Firma Bosch (R.F.G.) fabrică relee cu două elemente de la 75...300 W de tipul RS/TA, care se montează direct pe dinam şi de tipul RS/TB

care se montează separat (fig. 4.28). Releele au construcţie asemănătoare cu a celor cu trei elemente, avînd de obicei reglare minus şi borna minus la masă. În afară de rezistenţa de reglare remarcăm prezenţa rezistenţei de compensare termică în serie cu înfăşurările de tensiune. Se observă de asemenea că cele două înfăşurări de tensiune de pe releul regulator de tensiune şi de pe releul conjunctor-disjunctor sînt conectate în serie.

Relee regulatoare cu un element. Releele regulatoare cu un singur element, avînd un singur miez dar două armături, sînt cele mai simple şi mai ieftine. Înfăşurarea de curent are de obicei spire puţine pentru a nu produce o înclinare prea mare a caracteristicii de reglare. Acest lucru dezavantajează funcţionarea releului conjunctor-disjunctor întrucît în acest caz curentul invers este mare, iar conectarea nu este sigură. Pentru a avea o conectare sigură se aşază în unele cazuri o înfăşurare suplimentară în jurul armăturii conjunctor-disjunctorului. De obicei aceste sisteme au o tensiune de conectare ridicată, o tensiune de deconectare scăzută şi un curent invers mai mare decît releele cu două elemente.

Releele regulatoare cu un singur element sînt foarte răspîndite în R.D.G. unde s-a realizat de către VEB Fahozngelektrik o serie unitară de la 30 la 700 W. Ca exemplu arătăm tipul RSC 220/6G utilizat pe Trabant şi Wartburg (fig. 4.29).

În tabelele 4.1 şi 4.2 sînt arătate caracteristicile şi datele constructive pentru releele regulatoare cu contacte ale dinamurilor fabricate de diferite firme de echipament electric.

Relee regulatoare cu contacte pentru alternatoare. *Relee regulatoare cu un singur element.* Acestea sînt cele mai răspîndite pentru alternatoare. Ele cuprind de obicei regulatoare de tensiune cu două trepte, pentru a putea funcţiona într-o gamă largă de turaţii şi curenţi. Releul RA 500 fabricat de uzina Electroprecizie după licenţa SERI-Ducellier (fig. 4.30, *a*) este un releu de tipul cu arcuri plate şi cu armătura mobilă îndoită (fig. 4.26, *c*). Trebuie să remarcăm mijloacele utilizate pentru a permite o reglare precisă : poziţia celor două contacte fixe se poate regla cu ajutorul unor şuruburi de reglaj, iar presiunea arcurilor se poate modifica cu ajutorul unui suport reglabil în formă de camă. În afară de rezistenţa de reglaj R_r, releul mai cuprinde o rezistenţă de absorbţie R_a, o rezistenţă de compensare R_{ct} şi o rezistenţă de protecţie R_p sub forma unui fir calibrat între contactul fix al treptei a doua şi masă, care are rol de protecţie în cazul unei conectări greşite.

Releele regulatoare fabricate de firma FIAT (fig. 4.30, *b*) sînt de tipul cu arc elicoidal şi armătură plată (fig. 4.26, *a*). Aceste relee nu au rezistenţă de absorbţie, în schimb folosesc înfăşurări auxiliare de selfiducţie S conectate în circuitul excitaţiei care au rolul de a diminua uzura contactelor.

Firma Bosch fabrică relee pentru alternatoare atît în construcţie normală cît şi în construcţie antiparazitată (fig. 4.30, *c*). Releele sînt de tipul cu arcuri plate şi armătură îndoită, reglările făcîndu-se prin îndoirea

Tabelul 4.1

Caracteristicile principale ale releelor regulatoare cu contacte pentru dinamuri

Caracteristicile	Tipul produsului			
	R 300	RR 24 (URSS)	GN 2/12/16 (Italia)	RS/U300/12/1 Bosch (RFG)
Tensiunea nominală, V	12	12	12	12
Curentul nominal, A	25	20	—	25
Releul conjunctor-disjunctor				
Tensiunea de conectare, V	—	12,2...13,2	12,4...12,8	—
Curentul invers (bateria ½ încărcată), A	<6	0,5...0,6	≤16	4...7,5
Regulatorul de tensiune				
Tensiunea reglată în sarcina, V	14...14,5	13,8...14,6	—	14,0...14,8
Turaţia pentru verificarea reglării, rot/min	3000	3000	—	—
Curentul pentru verificarea reglării, A	10	10	7,5...8,5	—
Tensiunea reglată la variaţia turaţici, V	$U_r \pm 0,5$	13,2...14,8	13,9...14,5	—
Regulatorul de curent				
Curentul limitat (pe baterie), A	—	19...21	15...17	38

suporţilor pentru contacte, respectiv pentru arc. La construcţia antiparazitată se utilizează condensatoare şi rezistenţe de antiparazitare.

Releele regulatoare cu mai multe elemente, pentru alternatoare, îndeplinesc în afară de rolul de regulatoare de tensiune *RT* şi pe acela de conjunctor-disjunctoare *CD*. Spre exemplu schema din fig. 4.31, *a* utilizată de firma Delco-Remy cuprinde în afară de regulatorul de tensiune, un releu conjunctor-disjunctor, care stabileşte legătura între bateria de acumulatoare şi excitaţie. Înfăşurarea acestui releu este alimentată de la o fază a înfăşurărilor alternatorului. Înfăşurarea de excitaţie este pusă în legătură cu bateria de acumulatoare pentru amorsare, numai pînă cînd alternatorul depăşeşte o anumită turaţie.

O altă variantă de releu arătată în fig. 4.31, *b* (tipul sovietic RR 41), are înfăşurarea conjunctor-disjunctorului alimentată de la baterie prin comutatorul de contact. Releul regulator cuprinde o înfăşurare suplimentară de curent, w_I şi o rezistenţă de accelerare R_a.

Există şi scheme de relee regulatoare care protejează alternatorul împotriva unor conectări greşite la baterie. Ca exemplu în fig. 4.31, *c* este arătat un releu realizat de firma Prestolyte, la care elementul con-

Tabelul 4.2

Datele constructive principale ale releelor regulatoare cu contacte pentru dinamuri

Datele constructive	Tipul produsului	
	RR24 (URSS)	GN2/12/16 (ITALIA)
1	2	3
Numărul de elemente	3	3
Releul conjunctor-disjunctor		
Numărul de perechi de contacte	1	1
Distanța între miez și armătură (contact închis), mm	0,35...0,55	0,35
Distanțe între contacte, mm	0,25	0,39...0,51
Rezistența înfășurării derivației (de cupru), Ω	38	—
Rezistența înfășurării de constatan, Ω	30	
Numărul de spire la înfășurarea serie	13,5	
Regulatorul de tensiune		
Numărul de perechi de contacte	1	1
Distanța între miez și armătură, mm	1,35...1,55	0,99...1,11
Rezistența înfășurării principale	17	—
Regulatorul de curent		
Distanța între miez și armătură, mm	1,4...1,5	0,99...1,1
Numărul de spire la înfășurarea serie	21,5	—
Numărul de spire la înfășurarea auxiliară	16	—
Rezistența de reglare pentru tensiune, Ω	80	80...90
Rezistența de reglare pentru curent, Ω	30	—
Rezistența de compensare termică, Ω	—	16...18
Rezistența de accelerare, Ω	13	—

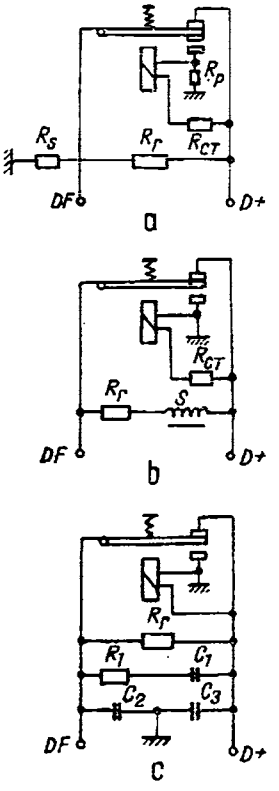


Fig. 4.30

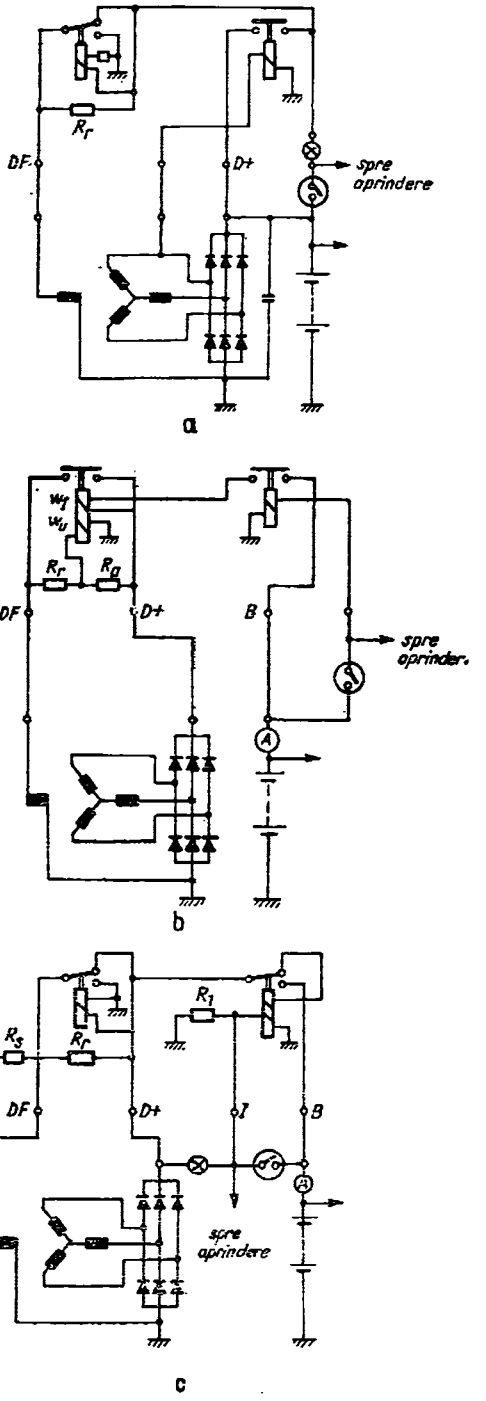


Fig. 4.31

Tabelul 4.3

Caracteristicile principale ale releelor cu contacte pentru alternatoare

Caracteristicile	Tipul produsului			
	RA 500	RA 300	AD1/14V (RFG)	RC1/12 (ITALIA)
Tensiunea reglată pentru treapta II, V	14,1...14,7	14,2...14,8	13,5...14,2	13,9...14,5
Curentul de sarcină pentru reglare treapta II, A	2	5	7...9	7...10
Saltul de tensiune între trepte, V	0,2...0,6	0,2...0,6	0,2...0,3	0,4...0,7
Curentul de sarcină pentru reglare treapta I, A	30	18	30	24...27
Turația pentru verificarea reglării, rot/min	5000	3000	5000	5000
Greutatea releului, kgf	0,33	0,33	0,170	—

Tabelul 4.4

Datele constructive principale ale releelor cu contacte pentru alternatoare

Datele constructive	Tipul produsului	
	RA 500	RC1/12 (ITALIA)
Numărul de elemente	1	1
Distanța între miez și armătură, mm	0,9...1,1	1,5±0,07
Distanțe între contactele la treapta II, mm	0,25	0,45±0,1
Rezistența de reglaj, Ω	10	3,75±0,25
Rezistența de absorbție (paralel cu excitația), Ω	20	28±2
Rezistența de compensare, Ω	33	—
Înfășurarea de tensiune		
Numărul de spire	2200	—
Diametrul conductorului neizolat, mm	0,22	—
Rezistența bobinei (la 20°C), Ω	48	—

junctor-disjunctor închide legătura între alternator și baterie numai dacă polaritatea bateriei coincide cu polaritatea alternatorului și dacă tensiunea alternatorului este mai mare decît tensiunea bateriei. Amorsarea alternatorului se face prin intermediul becului de control.

Menționăm că în prezent există tendința de a se înlocui releele cu două elemente pentru alternatoare, prin relee cu un singur element.

În tabelele 4.3 și 4.4 sînt arătate caracteristicile și datele constructive ale unor relee regulatoare cu contacte pentru alternatoare, fabricate de diferite firme.

4.1.4. ÎNCERCĂRILE ȘI EXPLOATAREA RELEELOR REGULATOARE CU CONTACTE

De obicei pe releele regulatoare se notează : tipul, tensiunea nominală sau de lucru și puterea sau curentul nominal. Înainte de încercare se verifică dimensiunile principale și notațiile bornelor, care trebuie să corespundă documentației produsului. Se verifică legăturile și contactele pentru ca să se evite erorile de măsurare și reglare. Rezistența conductoarelor de legătură trebuie să corespundă prescripțiilor.

Încercările releelor regulatoare cu contacte se fac pe bancul de încercări împreună cu generatorul și bateria respectivă, montînd produsele în poziția normală de funcționare de pe autovehicul fără a demonta capacele. Unele firme recomandă ca releele să fie introduse în timpul încercărilor într-un termostat pentru a asigura menținerea constantă a temperaturii.

Încercările releelor regulatoare pentru dinamuri. Aceste încercări cuprind încercări ale conjunctor-disjunctorului ale regulatorului de tensiune și ale limitatorului de curent.

Încercarea conjunctor-disjunctorului se efectuează făcînd în prealabil o stabilizare termică (15...18 min) timp în care releul funcționează împreună cu generatorul și bateria de acumulatoare la tensiunea reglată. Verificarea tensiunii de conectare se face conectînd un voltmetru clasa 0,5 la borna izolată a dinamului (fig. 2.10) și mărind treptat turația pînă cînd acul voltmetrului deviază brusc înapoi. Tensiunea măsurată la voltmetru înainte de deviația înapoi reprezintă tensiunea de conectare. Determinarea tensiunii de conectare se poate face și fără baterie, dacă se conectează în circuitul de sarcină un ampermetru și se notează valoarea tensiunii în momentul în care ampermetrul arată trecerea unui curent de încărcare înspre baterie.

Curentul invers se determină avînd conectată în circuitul de sarcină al dinamului o baterie cu capacitatea și starea de încărcare prescrisă. Se mărește turația pînă la valori ridicate (de ex. 4000 rot/min) unde se menține cîtva timp (de ex. 5 min) după care se scade în mod treptat pînă cînd deviația acului ampermetrului arată curentul maxim de descărcare înainte ca acul să revină la zero. Valoarea cea mai scăzută a curentului

reprezintă curentul invers care nu trebuie să depăşească limitele prescrise. În momentul deconectării se poate observa şi un salt al deviaţiei voltmetrului.

Încercarea regulatorului de tensiune se face pentru determinarea valorii tensiunii reglate, pe care acesta o menţine constantă, începînd cu o anumită turaţie a generatorului. Încercarea se poate face la rece (20°C) sau la cald. În ultimul caz este necesară o stabilizare termică. Stabilizarea se execută lăsînd releul să funcţioneze împreună cu dinamul şi bateria la o turaţie şi sarcină prescrisă, un anumit timp (de ex. 30 min, la 3000 rot/min) sau menţinînd releul într-un termostat (la 70°C). Verificarea tensiunii reglate la dinamuri se poate face atît în gol cît şi la un anumit curent de sarcină. Pentru aceasta se creşte treptat turaţia şi se observă voltmetrul; tensiunea creşte şi apoi scade puţin pînă la valoarea corespunzătoare tensiunii reglate.

În cazul releelor cu trei elemente valoarea tensiunilor reglate depinde puţin de valoarea curentului de sarcină sub 5%, în schimb în cazul releelor cu două elemente tensiunea reglată scade sensibil pe măsură ce creşte curentul de sarcină.Variaţia tensiunii reglate în funcţie de temperatură trebuie să fie de obicei 0,05...0,2 V/10°C. De asemenea tensiunea reglată pentru relee cu trei elemente nu trebuie să varieze cu mai mult de 5% la variaţii ale turaţiei pînă la turaţia maximă.

Încercarea limitatorului de curent se face îndată după încercarea regulatorului de tensiune, prin conectarea unei sarcini reglabile. Se menţine turaţia la valoarea prescrisă şi se măreşte cu ajutorul reostatului de sarcină intensitatea curentului pînă cînd începe să funcţioneze limitatorul de curent. Valoarea maximă a curentului la care începe să scadă tensiunea reprezintă valoarea reglată care trebuie să corespundă prescripţiilor. Variaţia curentului reglat în funcţie de variaţia temperaturii nu trebuie să depăşească anumite limite (de ex. 3%).

Încercările releelor regulatoare pentru alternatoare. Verificarea tensiunilor reglate a releelor regulatoare cu un element, pentru alternatoare, se face la o turaţie constantă prescrisă, debitînd pe baterie şi rezistenţa de sarcină. Încercarea se poate face la rece (20°C) şi la cald. De obicei stabilizarea termică durează 45 min pînă la 2 h şi constă în antrenarea alternatorului la anumită turaţie şi sarcină constantă (de ex. 3000 rot/min şi 5 A) după care alternatorul se opreşte şi apoi se porneşte din nou. Pentru regulatoarele cu două trepte de funcţionare, verificarea tensiunii reglate se face la turaţia constantă prescrisă, la curent de sarcină mic corespunzător funcţionării pe baterie şi la un curent de sarcină mare corespunzător funcţionării pe baterie şi pe rezistenţa de sarcină (v. fig. 2.10, *c*). De asemenea se verifică pragul de tensiune la trecerea de la o treaptă de funcţionare la cealaltă. Măsurările se vor face cît mai repede pentru a nu modifica starea termică a ansamblului. Se recomandă ca citirea tensiunii să se facă după 10 s de funcţionare în punctul considerat.

Verificarea compensării termice se face după menţinerea timp de 3 h în etuvă la temperaturile limită (de ex. —20°C şi +50°C) şi după stabili-

zare. Variaţia tensiunii reglate pentru cele două trepte de reglaj trebuie să corespundă prescripţiilor. Trebuie să menţionăm că la verificarea reglajului releelor pentru alternatoare, de obicei tensiunea reglată se măsoară la borna releului regulator cu un voltmetru de clasă 0,5.

În timpul încercării, în întreaga gamă de turaţii şi de sarcină a alternatorului, nu trebuie să se constate la releul regulator oscilaţii permanente periodice sau aperiodice perceptibile net (spre exemplu prin bătaia acului ampermetrului).

În afară de verificarea caracteristicilor de reglaj, în întregul domeniu de turaţii şi de sarcini, la releele regulatoare pentru dinamuri şi alternatoare se obişnuieşte să se mai facă şi alte verificări de tip privind : comportarea izolaţiilor releului, comportarea releului la influenţa factorilor externi şi comportarea releului la încercarea de durată. Comporatarea izolaţiilor releului se poate verifica numai în cursul montajului produsului, înainte de punerea la masă a conexiunilor interne ale releului. Rezistenţa de izolaţie prescrisă variază între 1...30 MΩ, iar tensiunea de străpungere trebuie să corespundă de obicei la 500 V timp de 1 min. Verificarea comportării la acţiunea factorilor climatici diferă după destinaţia produsului. De obicei se prescrie funcţionarea la variaţii de temperatură între —40 şi +70°C fără să se producă dereglaje şi comportare bună privind rezistenţa la umiditate pînă la 98% timp de 48 h. De asemenea se verifică tipul de protecţie, comportarea la vibraţii şi scuturături.

Încercarea de durată pe banc a releelor regulatoare se face împreună cu generatorul corespunzător. Încercarea care durează 500...1000 h se efectuează la turaţii şi sarcini constante sau variabile.

În primul caz încercarea se face la turaţia şi sarcina nominală. În al doilea caz se stabileşte un anumit program. Spre exemplu la releele pentru dinamuri se prevăd cicluri de 50 h din care 17 h la turaţia nominală cu sarcina nominală, 28 h la turaţie medie cu sarcină nominală şi mărită şi 5 h la turaţie maximă cu sarcină parţială şi nominală. Pentru releele cu două trepte, ale alternatoarelor se recomandă spre exemplu ciclu de 24 h din care 22 h mers şi 2 h oprit, la două regimuri corespunzătoare celor două trepte de funcţionare. Pentru prima treaptă, alternatorul este antrenat 250 h la o viteză superioară cu 500 rot/min pragului de reglare, după stabilizarea releului la un curent de sarcină egal cu 3/10 din curentul nominal. Pentru a doua treaptă alternatorul este antrenat 250 h la viteză maximă (de ex. 3000 rot/min) pentru un curent egal cu curentul de întreţinere al bateriei (de ex. 5 A).

În mod obişnuit releele trebuie să funcţioneze fără defecţiuni întreaga durată prevăzută. În anumite cazuri se admite curăţirea contactelor şi reglarea releului după minimum 300 h.

Exploatarea releelor regulatoare cu contacte. În general întreţinerea releelor regulatoare dacă acestea sînt exploatate corect, se limitează numai la curăţirea lor exterioară. Se recomandă totuşi ca după 15 000... 20 000 km sau în cazul în care se constată funcţionarea anormală a bateriei

să se verifice reglarea lor. Verificarea se face direct pe motor fără demontarea capacului regulator, după ce s-a verificat că legăturile cînt corecte. În cazul în care reglajul este corespunzător, releul este lăsat să funcţioneze în continuare, în caz contrar trebuie demontat, curăţite contactele şi reglat pe banc în ateliere specializate.

4.2. RELEE REGULATOARE ELECTRONICE

4.2.1. CLASIFICAREA RELEELOR REGULATOARE ELECTRONICE

Prin relee regulatoare electronice înţelegem releele regulatoare care au în componenţa lor dispozitive semiconductoare. Releele regulatoare electronice pot fi cu contacte sau fără contacte; în primul caz ele se mai numesc relee semitranzistorizate.

Releele regulatoare electronice diferă în funcţie de utilizarea lor (pentru sisteme de alimentare cu dinam sau cu alternator), trebuind în general să satisfacă aceleaşi condiţii ca releele regulatoare cu contacte. Faţă de acestea ele prezintă o serie de avantaje între care arătăm: funcţionarea corespunzătoare la curenţi de excitaţie mai mari, mărirea duratei de funcţionare fără întreţinere, asigurarea unor caracteristici de funcţionare mai stabile prin evitarea dereglărilor, volum şi greutate redusă, posibilitatea standardizării unor elemente componente.

Trebuie să menţionăm totuşi că, pentru extinderea utilizării releelor regulatoare electronice pe autovehicule mai trebuie rezolvate unele probleme cum ar fi: preţul relativ ridicat al semiconductoarelor, influenţa temperaturii asupra caracteristicilor releului, posibilitatea distrugerii acestuia în cazul unei conectări greşite. În prezent ţinînd seama de cele arătate, releele regulatoare electronice se utilizează mai mult la alternatoarele de putere mare pentru autovehicule, unde curentul de excitaţie ridicat produce dificultăţi în cazul utilizării releelor cu contacte.

4.2.1.1. *Releele regulatoare parţial electronice pentru dinamuri*

Releele regulatoare electronice se utilizează în mică măsură la dinamuri, întrucît ele au apărut abia în ultimul timp într-o perioadă care a corespuns tendinţei de înlocuire a dinamurilor cu alternatoare. În general releele regulatoare pentru dinamuri au numai o parte din elemente electronice. Spre exemplu există relee care cuprind numai elemente regulatoare de tensiune electronice (în locul regulatoarelor de tensiune cu contacte), regulatoare cu variode (în locul limitatoarelor de curent) sau relee cu diode redresoare (în locul conjunctor-disjunctoarelor).

Regulatoarele de tensiune electronice fără contacte. Acestea prezintă cel mai mare interes datorită faptului că ele nu mai sînt legate de dezavantajele contactelor.

În fig. 4.32 este arătată schema de principiu a unui regulator electronic, avînd drept componente electronice principale un tranzistor de putere T_1, un tranzistor de comandă T_2 o diodă stabilizatoare (Zener) DZ.

Funcţionarea relcului este următoarea : la tensiuni mici ale generatorului, aplicate diodei stabilizatoare prin intermediul rezistenţelor R_1 şi R_2, aceasta nu conduce, ceea ce face ca tensiunea de polarizare aplicată pe rezistenţa R_1 între emitorul şi baza tranzistorului de comandă T_2 să fie mică şi ca urmare tranzistorul să fie blocat. Întrucît nu trece curent prin rezistenţa R_3, tensiunea aplicată între emitorul şi baza tranzistorului de putere T_1 este practic egală cu tensiunea la bornele generatorului, ceea ce face ca tranzistorul să funcţioneze la saturaţie, permiţînd trecerea curentului prin înfăşurarea de excitaţie.

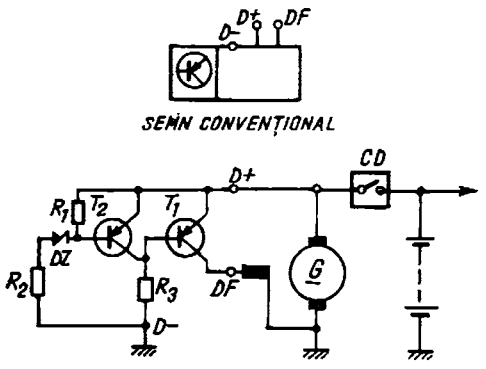


Fig. 4.32

Cînd tensiunea generatorului creşte peste o anumită limită, dioda stabilizatoare străpunge, determinînd creşterea tensiunii de polarizare a tranzistorului de comandă şi deci intrarea acestuia în conducţie. Tensiunea de polarizare a tranzistorului de putere scade, ceea ce duce la blocarea acestuia şi la întreruperea curentului de excitaţie. Scăzînd tensiunea generatorului, dioda stabilizatoare revine în starea iniţială, tranzistorul de comandă se blochează şi tranzistorul de putere permite din nou trecerea curentului de excitaţie. Rezultă că procesul de reglare al tensiunii constă în principiu în întreruperea periodică a curentului de excitaţie al generatorului.

Releele regulatoare cu variodă (fabricate de firma Bosch R.F.G.). Acestea prezintă un alt exemplu de aplicaţie al semiconductoarelor la releele pentru dinamuri. În realitate aceste relee sînt relee electromagnetice cu contacte cu două elemente, la care funcţiunea limitatorului de curent este îndeplinită de un dispozitiv semiconductor numit variodă.

Varioda este o diodă compusă dintr-o placă de germaniu pe care este presată o bucată de indiu. Ea are proprietatea că nu admite trecerea curentului pînă la o tensiune aplicată de aproximativ 0,2 V, iar la tensiuni mai mari permite creşterea bruscă a acestuia. Varioda este legată în serie cu înfăşurarea de curent a regulatorului şi în paralel cu o rezistenţă de comandă R_v (fig. 4.33, *a*).

Rezistenţa R_v conectată în paralel cu varioda este astfel calibrată, încît la trecerea curentului ce dorim să-l reglăm obţinem la bornele rezistenţei o cădere de tensiune de $\approx$ 0,3 V. La această tensiune aplicată variodei ea devine conductoare şi permite trecerea unui curent mare care va parcurge înfăşurarea de curent de pe regulator. Curentul din această

înfăşurare produce un flux invers fluxului produs de înfăşurarea de tensiune astfel că tensiunea reglată va începe să scadă, pe măsură ce creşte curentul. Rezistenţa R_{ct} conectată în serie cu înfăşurările de tensiune, are rol de compensare termică.

În fig. 4.33, *b* sînt arătate caracteristicile de reglaj tensiune funcţie de curent, la diferite temperaturi pentru releul cu variodă. Se observă că la temperatura releului regulator de —20°C tensiunea reglată şi curentul

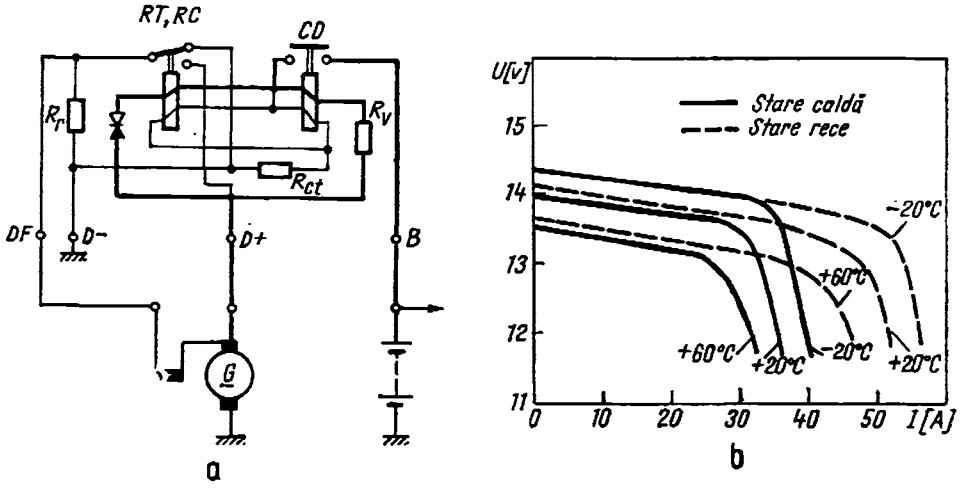


Fig. 4.33

reglat au o valoare mai mare decît la temperatura de +20°C respectiv +60°C. Acest lucru permite o utilizare mai raţională a dinamului în vederea încărcării acumulatorului. La început acumulatorul va fi încărcat cu un curent mai mare, care va scădea pe măsură ce se încălzeşte releul şi se încarcă acumulatorul. Faptul că la temperaturi scăzute tensiunea reglată este mai mare avantajează încărcarea acumulatorului.

Releele regulatoare electronice fără contacte, pentru dinamuri. Acestea îndeplinesc, cu ajutorul dispozitivelor semiconductoare, pe lîngă funcţiunile de regulator de tensiune respectiv de curent şi pe aceea de conjuctor-disjunctor. Astfel, schema prezentată în fig. 4.34 realizată de uzina Electromagnetica în colaborare cu ICMA, cuprinde un regulator cu semiconductoare, la care curentul de excitaţie este reglat, atît în funcţie de tensiune cît şi de curent, iar releul conjunctor-disjunctor este înlocuit cu o diodă redresoare. În această schemă spre deosebire de regulatorul prezentat anterior există încă un tranzistor de comandă T_3, a cărui funcţionare depinde de valoarea curentului care trece prin şuntul R_S conectat în circuitul principal al generatorului.

4.2.1.2. *Relee regulatoare electronice pentru alternatoare*

Releele regulatoare electronice pentru alternatoare, ca şi releele regulatoare cu contacte cuprind de obicei numai elementele regulatoare de tensiune.

În cele ce urmează vom vorbi numai despre releele regulatoare destinate a funcţiona împreună cu alternatoare cu excitaţie electromagnetică, avînd punte redresoare trifazată pentru dublă alternanţă.

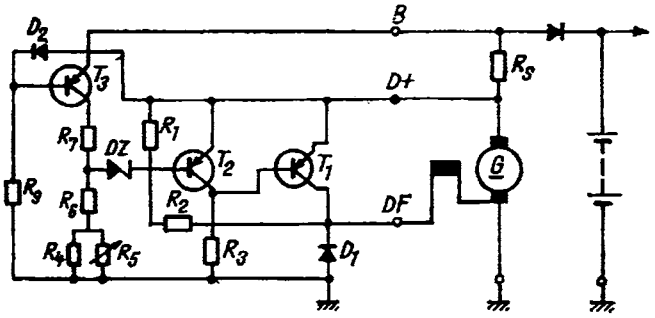


Fig. 4.34

Releele semitranzistorizate cuprind un tranzistor de putere conectat în circuitul excitaţiei, care este comandat de releul cu contacte. Contactele sînt plasate în circuitul bazei tranzistorului, iar înfăşurarea releului este alimentată de la borna principală a alternatorului (fig. 4. 35, *a*). Cînd creşte tensiunea la bornele generatorului, electromagnetul releului produce deschiderea contactelor, ceea ce determină întreruperea circuitului bazei tranzistorului. Tranzistorul se blochează şi întrerupe curentul de excitaţie producînd scăderea tensiunii generatorului pînă cînd contactele se deschid din nou. Apoi procesul se repetă. Contactele releului nu întrerup curentul excitaţiei, ci un curent mult mai mic, ceea ce face ca starea acestora să se conserve mai bine. Ca urmare funcţionarea releului este mai bună şi durata de funcţionare mai mare.

În practică se obişnuieşte ca în afară de înfăşurarea de tensiune w_u să se monteze pe miezul releului şi o înfăşurare de frecvenţă w_f care are rolul să îmbunătăţească închiderea contactelor (fig. 4.35, *b*). De asemenea se utilizează o diodă de protecţie împotriva supratensiunilor care apar la întreruperea curentului de excitaţie. O astfel de schemă este utilizată la regulatorul tip 2 TR fabricat de firma Lucas Anglia.

Releele regulatoare electronice fără contacte prezintă avantajul eliminării deficienţelor legate de prezenţa contactelor. Pentru puteri uzuale se utilizează scheme cu două tranzistoare cu germaniu sau cu siliciu.

Schema de principiu a releelor regulatoare cu două tranzistoare cu germaniu pentru alternatoare (fig. 4.36) se aseamănă cu schema regula-

toarelor electronice pentru dinamuri. Se observă că la această schemă dioda Zener DZ a fost conectată potențiometric la divizorul de tensiune format din rezistențele R_1 și R_2.

Față de aceasta în practică se folosesc unele variante ca cele prezentate în fig. 4.37.

Utilizarea diodelor de descărcare D (fig. 4.37), în paralel cu înfășurările de excitație, este necesară în toate schemele întrucît la întreruperea curenților de excitație pot apărea supratensiuni care să pericliteze semiconductoarele. Diodele sînt conectate astfel, încît la aplicarea tensiunii directe nu conduc, în schimb după întreruperea circuitului permit trecerea curentului de excitație (avînd rolul unei supape).

Compensarea tensiunii față de variațiile de temperatură este necesară pentru a asigura o bună funcționare a releului. În acest scop se utilizează un termistor R_{CT} (fig. 4. 37, *a*) a cărui rezistență variază mult cu temperatura. Termistorul se conectează în paralel cu una din rezistențele divizorului de tensiune.

Divizorul de tensiune la care se leagă dioda stabilizatoare cuprinde mai multe rezistențe, dintre care o parte servesc drept potențiometru pentru reglarea fină, iar celelalte pot fi scoase parțial din circuit, pentru a putea modifica în trepte tensiunea aplicată diodei stabilizatoare și o dată cu aceasta pentru a putea modifica tensiunea reglată a releului (fig. 4.37, *c* și *d*). De obicei în scheme se prevede între emitorul și baza tranzistorului de comandă o rezistență R_4 (fig. 4.37, *b*), care evită apariția curentului rezidual de colector atunci cînd circuitul bazei tranzistorului se întrerupe.

Pentru a accelera blocarea tranzistorului de putere T_1, se obișnuiește ca în unele scheme să se conecteze în circuitul emitorului o diodă de polarizare inversă D_1 (fig. 4.37, *b*). În timp ce tranzistorul de comandă este blocat, tranzistorul de putere conduce avînd potențialul bazei mai mic decît potențialul emitorului. Cînd tranzistorul de comandă intră în conducție, căderea de tensiune pe dioda D_1 produce o polarizare inversă a bazei tranzistorului de putere, ceea ce determină blocarea activă a acestuia. Dioda are și rolul de protecție în cazul aplicării unei tensiuni inverse.

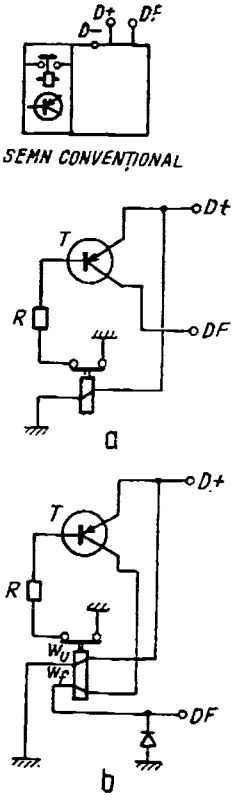


Fig. 4.35

Menționăm că uneori alimentarea tranzistoarelor se face printr-o rezistență R_5 (fig. 4.37, *a*) plasată în emitor, care determină o reacție pozitivă și o compensare a curentului invers al tranzistorului la creșterea temperaturii.

În scopul îmbunătăţirii comutaţiei tranzistoarelor, avînd în vedere că trecerile de la starea blocat la deblocat şi invers trebuie să se facă cît mai repede, pentru a nu avea pierderi şi a nu încălzi inutil tranzistoarele se utilizează

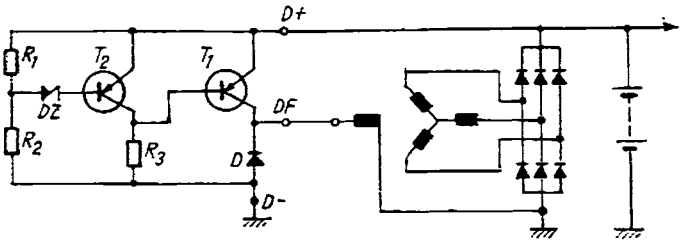


Fig. 4.36

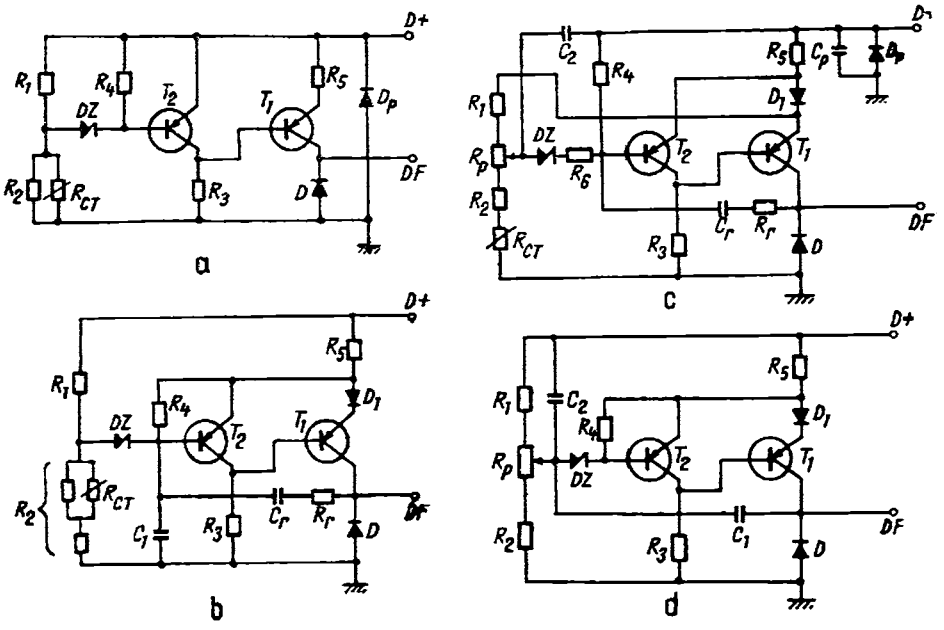


Fig. 4.37

circuite de reacţie. Un astfel de circuit se compune dintr-un condensator C_r şi o rezistenţă R_r conectate în serie, între colectorul tranzistorului de putere şi baza tranzistorului de comandă (fig. 4.37, *b* şi *c*).

Pentru a putea regla tensiunea alternatoarelor cu curenţi de excitaţie mari, chiar în cazul folosirii tranzistoarelor cu amplificare mai mică, se

utilizează relee regulatoare cu trei tranzistoare (fig. 4.38). Ca exemplu arătăm schema utilizată de firma Marelli Italia (fig. 4. 38, *a*) și firma Bosch R.F.G. (fig. 4. 38, *b*). Se observă că, tranzistoarele de putere au colectoarele legate în comun la borna excitației. Pentru protecția tranzistoarelor se utilizează diode de protecție (fig. 4.38, *b*).

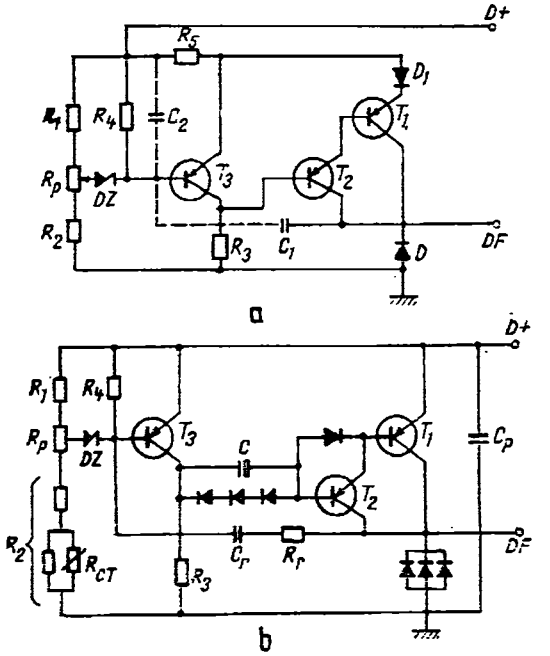


Fig. 4.38

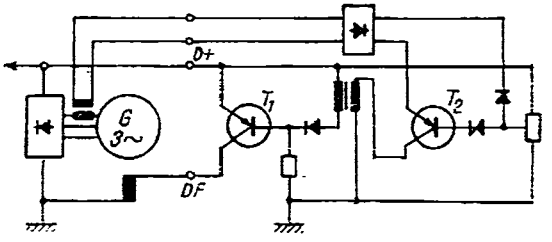


Fig. 4.39

Regulatoare electronice cu limitare de curent. Acestea se utilizează în cazul alternatoarelor de putere mare și sînt prevăzute cu transformatoare de curent sau cu șunturi pentru acționarea tranzistoarelor de comandă (fig. 4.39).

Avînd în vedere faptul că funcționarea releelor cu tranzistoare cu germaniu este limitată la temperaturi relativ scăzute, unele firme preferă utilizarea releelor regulatoare cu tranzistoare cu siliciu. În fig. 4.40 este arătată schema unui releu cu două tranzistoare cu siliciu.

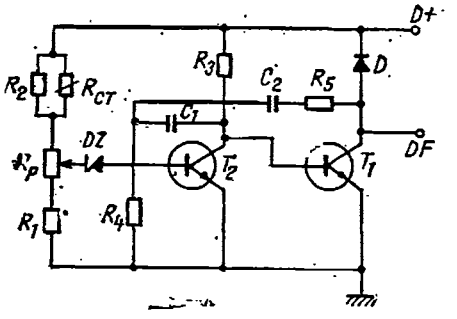


Fig. 4.40

4.2.2. CARACTERISTICILE DE FUNCȚIONARE ALE RELEELOR REGULATOARE ELECTRONICE

4.2.2.1. *Caracteristicile semiconductoarelor pentru relee regulatoare*

În cele ce urmează ne vom referi în special la releele electronice fără contacte pentru reglarea tensiunii alternatoarelor. În componența acestor relee intră ca elemente semiconductoare : diode redresoare și de protecție, diode stabilizatoare, tranzistoare și termistoare. Caracteristicile diodelor redresoare au fost arătate la alternatoare. În cazul releelor în afară de diode de putere medie se folosesc și diode de mică putere.

Diodele stabilizatoare, numite și stabilizatoare sau diode Zener, sînt diode cu siliciu cu joncțiune p-n obținută printr-o metodă specială. Ele au proprietatea ca la o anumită valoare a tensiunii inverse, numită tensiune de stabilizare sau tensiune Zener U_z, să străpungă și să permită creșterea rapidă a curentului, în timp ce tensiunea inversă rămîne practic constantă, cu o mică variație datorită modificării rezistenței materialului diodei. Străpungerea este reversibilă atîta timp cît curentul nu depășește valoarea corespunzătoare puterii admise la temperaturile respective.

În fig. 4.41 sînt arătate caracteristicile curent-tensiune directe și inverse ale diodelor stabilizatoare. Acestea se aseamănă cu cele ale diodelor redresoare pînă în punctul corespunzător tensiunii de stabilizare. La tensiuni inverse diodele stabilizatoare prezintă o rezistență mare pînă cînd tensiunea de lucru atinge valoarea de stabilizare, după care rezistența scade brusc permițînd creșterea curentului.

Dintre parametrii care interesează în funcționarea diodelor stabilizatoare arătăm : tensiunea și curentul de stabilizare, coeficientul de temperatură al tensiunii stabilizate, rezistența dinamică în regiunea stabilizării tensiunii și puterea admisă.

Curentul de stabilizare este curentul corespunzător tensiunii de stabilizare și are în cazul diodelor pentru regulatoare auto valori de aproximativ 5 mA. Coeficientul de temperatură al tensiunii de stabilizare

K_z reprezintă variaţia tensiunii de stabilizare raportată la tensiunea de stabilizare şi la variaţia de temperatură

$$K_z = \frac{U_{z1} - U_{z2}}{U_z} \cdot \frac{1}{\tau_1 - \tau_2} \tag{4.48}$$

unde: U_{z1} şi U_{z2} reprezintă tensiunile de stabilizare la temperaturile τ_1 şi τ_2;

U_z — tensiunea de stabilizare la temperatura mediului ambiant de 20°C.

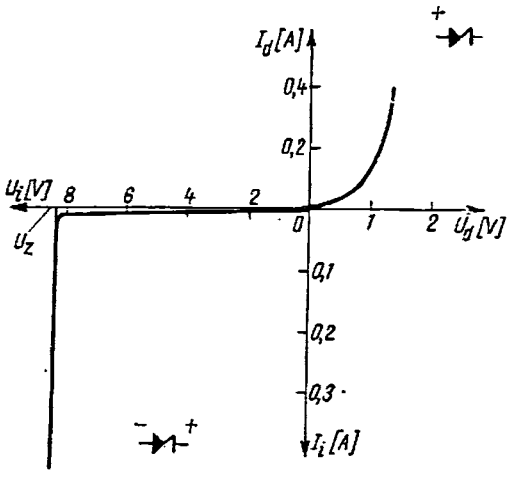


Fig. 4.41

Coeficientul de temperatură este o mărime practic constantă pentru variaţii ale curentului de stabilizare în limitele admise, valoarea sa fiind cuprinsă între (5...12) 10^{-4}/°C. Cu cît este mai mare tensiunea stabilizată cu atît este mai mare coeficientul de temperatură.

Rezistenţa dinamică este definită prin raportul dintre creşterea tensiunii şi creşterea curentului în regiunea tensiunii stabilizate

$$R_{st} = \frac{\Delta U_{st}}{\Delta I_{st}}. \tag{4.49}$$

Caracteristicile curent-tensiune ale diodelor stabilizatoare în regiunea de stabilizare sînt liniare, iar rezistenţa dinamică este mică (5...50 Ω). Cu cît este mai mare curentul de stabilizare cu atît este mai mică rezistenţa

dinamică. Pentru regulatoare de tensiune se preferă o rezistență dinamică cît mai mică ($R_{st} < 24\ \Omega$).

Diodele stabilizatoare cu siliciu pot avea tensiuni de stabilizare de 3...1000 V și pot lucra la temperaturi ale mediului ambiant între — 60°C și +125°C.

Tranzistoarele. Tranzistorul este un cristal cu o structură cu trei straturi formînd două joncțiuni p-n. El are trei electrozi: emitor *E*, bază *B* și colector *C* (fig. 4.42).

Joncțiunea între emitor și bază se numește joncțiunea emitorului, iar joncțiunea între colector și bază se numește joncțiunea colectorului. În

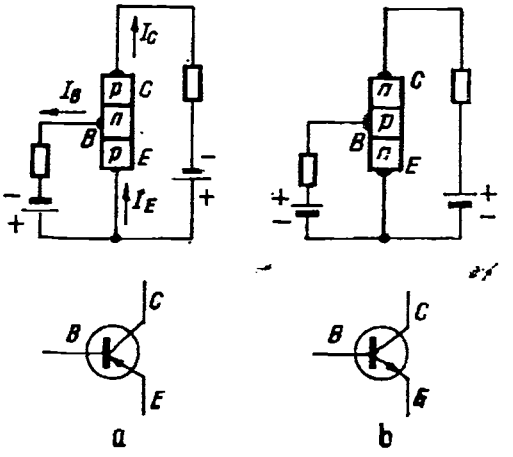


Fig. 4.42

funcție de conectarea regiunilor cu diferite conductibilități, tranzistoarele pot fi de tipul p-n-p (cu germaniu fig. 4.42, *a*) sau n-p-n (cu siliciu fig. 4.42, *b*). Tranzistorul poate lucra în regim de amplificare (la semnul de comandă continuu) sau în regim de comutație (la semnale de comandă cu impulsuri). Comanda tranzistorului se realizează pe baza variației curentului de bază.

Pentru funcționarea tranzistorului în regim de amplificare, la joncțiunea emitorului trebuie să se aplice tensiunea directă, iar la joncțiunea colectorului o tensiune de sens invers, astfel încît pentru tranzistorul p-n-p- potențialul emitorului trebuie să fie pozitiv în raport cu potențialul bazei, iar potențialul colectorului negativ.

Relația între curenții și tensiunile din tranzistor se determină în felul următor:

$$I_E = I_B + I_C; \tag{4.50}$$

$$U_{CE} = U_{BE} + U_{CB}. \tag{4.51}$$

Distribuția curenților în tranzistor se caracterizează prin coeficientul de amplificare în curent, numit și factorul sau raportul de transfer h_{21E} sau β

$$h_{21E} = \frac{I_C}{I_{CB}}, \quad \text{la } U_{CB} = \text{const.} \tag{4.52}$$

În funcție de tensiunile pe joncțiuni, tranzistorul se poate afla în trei situații : blocat (tranzistorul închis), activ și saturat (tranzistorul deschis).

Starea de blocare se caracterizează prin aceea că la joncțiuni se aplică tensiuni în sens invers, întrucît $U_{BE}<0$ și $U_{CB}<0$. În starea de blocare mărimea rezistenței interne a tranzistorului este foarte mare, iar curentul de colector este minim. În această stare a tranzistorului curentul colectorului se numește curentul de zero al colectorului I_{C0}. Puterea disipată de tranzistor în stare de blocare este foarte mică.

Starea activă se caracterizează prin aceea că joncțiunii emitorului i se aplică o tensiune în sens direct ($U_{BE}>0$) și joncțiunii colectorului o tensiune în sens invers ($U_{CB}<0$). În această stare rezistența internă a tranzistorului depinde de tensiunile U_{BE} și U_{CB} și poate să se schimbe în limite largi de la zecimi de ohmi pînă la kiloohmi. Puterea maximă disipată de tranzistor în stare activă poate fi

$$P_{T\,max} \leqslant \frac{U_{bat}^2}{4\,R_{sarc}}. \tag{4.53}$$

Starea de saturație se caracterizează prin aceea că joncțiunilor li se aplică tensiuni în sens direct, încît $U_{BE}>0$, $U_{CB}>0$. În stare de saturație, mărimea rezistenței interne a tranzistorului este minimă (zecimi de ohmi). Limita dintre starea de blocare și starea activă este reprezentată de regimul de lucru la care $U_{BE}=0$ (sau mai exact cînd $I_E=0$). Limita dintre starea de saturație și starea activă este reprezentată de regimul la care $U_{CB}=0$.

În fig. 4.43 sînt reprezentate caracteristicile de colector (de ieșire) ale unui tranzistor de putere. Ele arată dependența curentului de colector de tensiunea emitor-colector sub curent de bază constant. Se observă domeniile tranzistorului corespunzătoare stării blocat *I*, stării active *II* și stării saturat *III*.

La variația semnalului de intrare aplicat joncțiunii emitorului de la $U_{BE}<0$ la $U_{BE}>0$ se poate urmări succesiv trecerea tranzistorului dintr-o stare în alta. Deplasarea punctului de funcționare se realizează pe linia de sarcină

$$I_C = \frac{U_{bat}}{R_{sarc}} - \frac{|U_{CE}|}{R_{sarc}}. \tag{4.54}$$

Cei mai importanți parametri ai tranzistoarelor folosiți pentru echipamentul electric al autovehiculelor sînt :

— curentul maxim admis al colectorului, $I_{C\,m}$

— coeficientul de amplificare în curent, h_{21E} ;

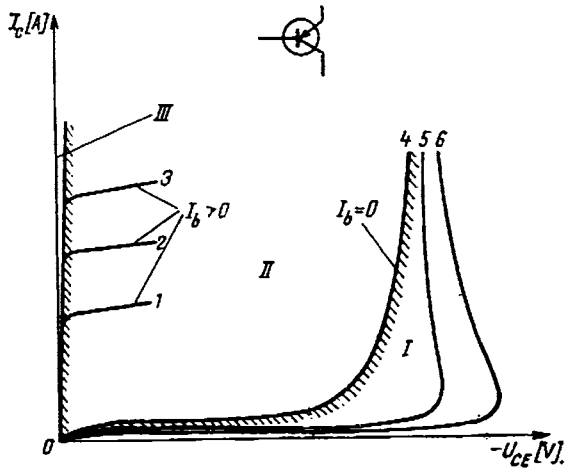


Fig. 4.43

— tensiunea maximă admisă între emitor și colector, $U_{CE\,max}$;

— temperatura maximă admisă a joncțiunii colectorului sau a corpului tranzistorului ;

— puterea maximă de disipație admisă în tranzistor.

Parametrii tranzistorului depind de regimul său de lucru.

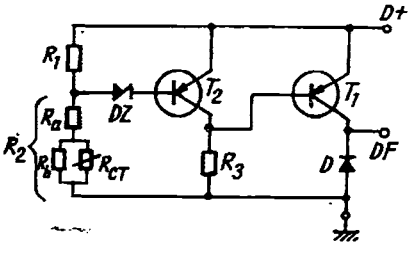


Fig. 4.44

4.2.2.2. *Caracteristicile regulatoarelor electronice*

În timpul funcționării regulatoarelor electronice intercsează în mod deosebit valoarea parametrilor tranzistorului de putere T_1, tranzistorului de comandă T_2 și ai diodei stabilizatoare *DZ* (fig. 4.44).

Tranzistorul de putere T_1 funcționează în schemă ca un întreruptor cu două limite : blocat și saturat. Valoarea maximă a curentului de colector în starea de funcționare saturat I_{C1S} se determină cunoscînd valoarea ten-

siunii reglate U_r la 20°C, a rezistenței R_e și a tensiunii colector-emitor pentru starea saturat U_{CE1s}, aleasă astfel ca să nu se depășească puterea disipată admisă de tranzistor

$$I_{C1s} = \frac{U_r - |U_{CE1s}|}{R_e}. \tag{4.55}$$

Cunoscînd coeficientul de amplificare în curent al tranzistorului $(h_{21E})_1$ se poate deduce valoarea curentului în bază I_{B1s} care produce saturarea tranzistorului (v. relația 4.52)

$$I_{B1s} = \frac{I_{C1s}}{(h_{21E})_1} \tag{4.56}$$

Pentru o anumită valoare a tensiunii de saturație U_{CE1s} și un anumit curent în bază I_{B1s} rezultă din caracteristicile tranzistorului, tensiunea de polarizare necesară U_{BE1s}. Această valoare trebuie să fie mai mică decît cea admisă de tranzistor. Se poate determina rezistența bazei R_3 necesară pentru polarizarea în cazul tranzistorului T_2 blocat și T_1 saturat

$$R_3 = \frac{U_r - |U_{BE1s}|}{I_{B1s}}. \tag{4.57}$$

Tranzistorul de comandă T_2 funcționează în schemă ca întreruptor pentru comanda tranzistorului T_1, avînd două stări limită: saturat și blocat. Valoarea maximă a curentului de colector I_{C2s} se determină în mod asemănător cu cazul precedent, admițînd valoarea tensiunii colector-emitor pentru starea saturat U_{CE2s}

$$I_{C2s} = \frac{U_r - |U_{CE2s}|}{R_3}. \tag{4.58}$$

Cu ajutorul coeficientului de amplificare $(h_{21E})_2$ se poate determina curentul în baza tranzistorului la saturație I_{B2s} respectiv a curentului care trece prin dioda stabilizatoare

$$I_{B2_1} = \frac{I_{C2s}}{(h_{21E})_2} \tag{4.59}$$

Dioda stabilizatoare *DZ* este utilizată în schemă ca element de comandă a tranzistorului T_2 în funcție de tensiunea generatorului. Valoarea maximă a curentului prin diodă pentru momentul saturării tranzistorului T_2 este

$$I_z = k_{zi} I_{B2s} \tag{4.60}$$

unde k_{zi} este factorul de suprasaturare al curentului care depinde de regimul de lucru al generatorului (are valoarea cuprinsă între 1,5...5).

Tensiunea de stabilizare U_z se alege mai mică decît tensiunea de reglare a generatorului (de ex. $U_z = 8...10$ V pentru $U_r = 15$ V). Pentru a calcula rezistența divizorului de tensiune ($R_1 + R_2$) la 20°C se pune condiția ca prin divizor să treacă un curent cel puțin egal cu 10 I_z

$$(R_1 + R_2) \leqslant \frac{U_r}{10\ I_z}. \tag{4.61}$$

Se pot determina valorile rezistențelor din ramurile divizorului cu relația

$$R_1 \approx \frac{U_z}{U_r}(R_1 + R_2). \tag{4.62}$$

Termistorul R_{CT} (fig. 4.44) se conectează în una din ramurile divizorului de tensiune și are rolul de a asigura o compensare negativă în funcție de temperatură. Alegerea caracteristicilor termistorului se face astfel ca împreună cu rezistențele R_a, R_b și R_1 să asigure valoarea cerută pentru rezistența totală ($R_1 + R_2$), ca să se obțină compensarea de temperatură dorită pentru întregul domeniu de temperaturi (de ex. $<0{,}1$ V/10°C de la -40°C la $+60$°C).

Valoarea rezistenței termistorului satisface relația (4.10).

4.2.3. CONSTRUCȚIA RELEELOR ELECTRONICE PENTRU ALTERNATOARE

Releele regulatoare de tensiune electronice pentru alternatoare au în general următoarele componente principale (fig. 4.45): carcasa *1*, piesele circuitului electronic montate pe o placă cu circuit imprimat *2*, bornele *3* și capacul *4*.

Circuitul electronic cuprinde tranzistoarele de putere și de comandă, dioda stabilizatoare, dioda de descărcare, termistorul pentru compensare, rezistențele și condensatoarele de reacție. În cele ce urmează arătăm datele acestor piese corespunzătoare unor relee regulatoare de 14 V.

Tranzistoarele de putere se aleg în funcție de valoarea maximă a curentului de excitație. Se folosesc de obicei tranzistoare de joasă frecvență cu germaniu avînd puterea disipată 30 ··· 45 W, curentul de colector 3...6 A, factorul de amplificare 20...150, tensiunea maximă colector-bază 30... ...80 V, temperatura maximă a joncțiunii 85...100°C și rezistența termică joncțiune-carcasă 2°C/W. Tranzistoarele cu siliciu admit puteri mai mari și temperaturi mai ridicate, spre exemplu temperatura maximă a joncțiunii 125...200°C.

Tranzistoarele de putere, în special cele cu germaniu, trebuie fixate pe un radiator cu suprafața de răcire cît mai mare. Pentru aceasta se folosește

însăși carcasa releului față de care tranzistoarele se izolează cu o foiță de mică foarte subțire (0,025 mm) unsă cu unsoare siliconică.

Tranzistoarele de comandă se dimensionează în funcție de tranzistoarele de putere pe care le comandă. Se folosesc de obicei tranzistoare cu germaniu de putere mică sau medie de 200...500 mW, curentul de colector 150...500 mA, factorul de amplificare 20...150 și tensiunea maximă

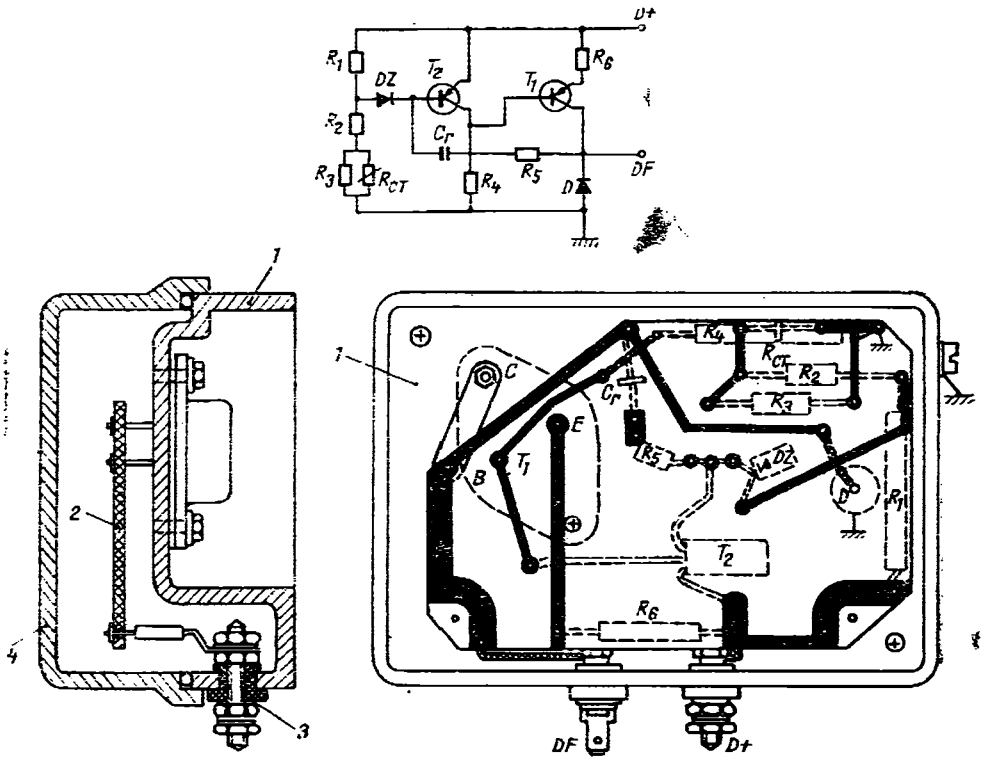


Fig. 4.45

colector-bază 24 V. Temperatura maximă a joncțiunii egală cu temperatura maximă de stocare este de +100°C.

Tranzistoarele de comandă se fixează pe placa cu circuite imprimate direct sau prin intermediul unui mic radiator.

Diodele stabilizatoare (Zener) folosite pentru relee regulat sînt diode cu siliciu avînd tensiunea de stabilizare 7,5...10 V, curentul direct 200 mA, curentul invers 20 mA, temperatura maximă 120°C, coeficientul de temperatură al tensiunii de stabilizare $< 7.10^{-4}$/°C.

Diodele stabilizatoare se fixează pe placa cu circuite imprimate.

În paralel cu înfășurările de excitație ale alternatoarelor se conectează în releul regulator *dioda de descărcare*, care trebuie să suporte în sens direct valoarea maximă a curentului de excitație. Se pot folosi în acest scop diode redresoare pentru alternatoare.

Termistoarele utilizate pentru compensarea variațiilor de temperatură sînt de obicei constituite dintr-un suport de ceramică semiconductoare în formă de disc cu diametrul de 7 mm, avînd suprafețele argintate. Pe aceste suprafețe sînt sudate conexiunile, după care termistoarele se acoperă pentru protecție cu lac termodur.

Rezistențele utilizate în schemele regulatoarelor sînt în general rezistențe fixe construite dintr-un suport ceramic pe care se depune prin piroliză o peliculă de carbon cristalin. Valorile exacte măsurate în curent continuu se obțin prin spiralizarea și ajustarea mecanică a peliculei. Terminalele din cupru argintat (pentru rezistențele de 0,2 Ω) sau din cupru cositorit (pentru celelalte rezistențe) sînt sudate axial la extremitățile metalizate în prealabil ale corpului rezistenței. Apoi rezistențele sînt acoperite cu lac rezistent la agenți externi. Datorită dimensiunilor foarte reduse, rezistențele sînt marcate în cod de culori.

Pentru mărirea puterii se utilizează fie rezistențe conectate în paralel, fie rezistențe bobinate. Rezistențele se fixează pe placa cu circuite imprimate cu excepția rezistențelor de putere (exemplu de la baza tranzistorului de putere), care trebuie să fie amplasate în apropierea carcasei pentru a le asigura o mai bună răcire.

În construcția releelor regulatoare electronice se utilizează de obicei plăci cu circuite imprimate (cablaje imprimate). Acestea sînt semifabricate în care conductoarele sînt realizate sub formă de benzi conductoare lipite pe un suport izolant. Suportul izolant este un material plastic stratificat de obicei termorigid cu grosimea de 1,5 mm, avînd umplutură de hîrtie sau țesătură. Suportul izolant este placat cu cupru de 35 μm grosime.

Carcasa regulatorului servește pentru fixarea pieselor componente și constituie în același timp un radiator de răcire. Ea se execută de obicei din aliaj de aluminiu cu grosimea pereților de minim 2 mm. Subansamblul placă de borne este asemănător cu cel al releelor cu contacte.

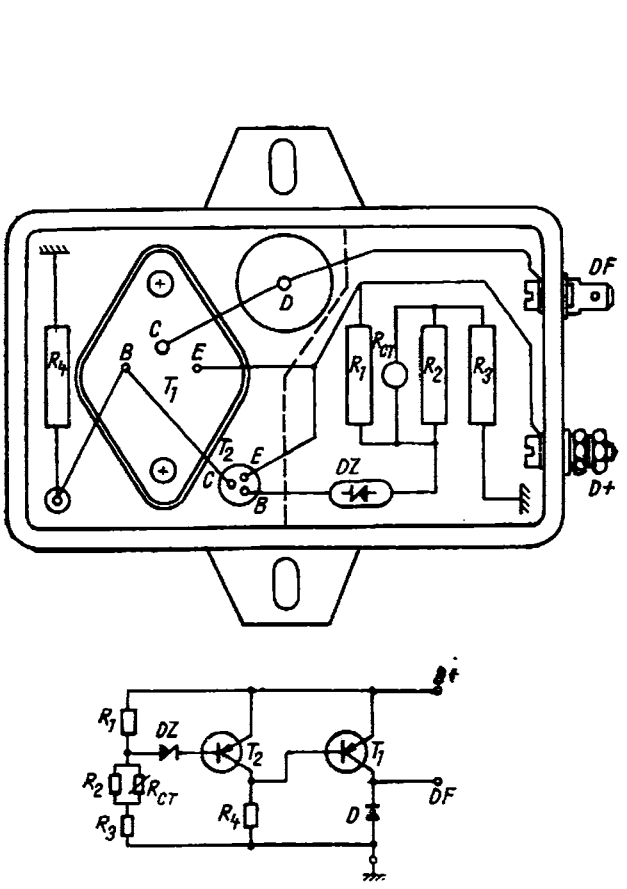
Deosebit de importantă este compoundarea pieselor electrice pentru a evita atît corodarea la umiditate cît și desprinderea lor la vibrații. Capacul se execută din tablă sau aliaj turnat de aluminiu.

În continuare sînt prezentate cîteva din releele regulatoare electronice pentru alternatoare.

Primele relee executate experimental la uzina Electroprecizia pentru autovehicule cu alternatoare cuprind două tranzistoare cu germaniu. Pentru obținerea unui gabarit cît mai redus carcasa releului a fost compartimentată (fig. 4.46). În unul din compartimente sînt amplasate prin fixarea demontabilă tranzistoarele, dioda de descărcare și rezistența de polarizare. În al doilea compartiment sînt amplasate celelalte elemente care se compoundează.

O variantă perfecționată a acestor relee regulatoare (fig. 4.45) cuprinde pentru îmbunătățirea funcționării o rezistență în emitorul tranzistoarelor și un circuit de reacție între cele două tranzistoare.

Menționăm că pentru autobuzele românești dotate cu alternatoare tip A 20/12 s-au folosit relee regulatoare electronice tip R 15 executate



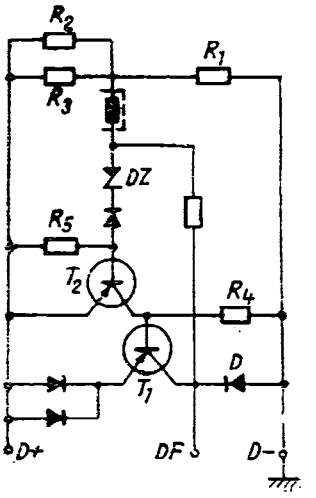


Fig. 4.46

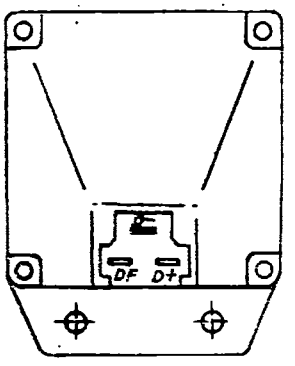


Fig. 4.47

după proiectul ICMA. Releele cuprind două tranzistoare cu germaniu, iar circuitul de reacție dintre tranzistoare este constituit dintr-o singură rezistență. Aceste relee regulatoare funcționează împreună cu relee de protecție tip DP/12 care evită eventuale deteriorări la inversarea legăturilor și descărcarea bateriei.

Tabelul 4.5

Caracteristicile principale ale releelor regulatoare electronice pentru alternatoare

Caracteristicile	Tipul produsului					
	Model UEPS-1968	RT15 1CMA	ED 28 V 8 Bosch (R.F.G.)	440 Y2 CAV* (Anglia)	Motorola (S.U.A.)	4TR Lucas* (Anglia)
Tensiunea de lucru, V	14	14	28	13,5	14,4±0,15	14
Curentul nominal, A	30	—	60	37	30	45
Curentul de excitație maxim, A	3	3	~3	—	—	—
Tensiunea reglată la variația curentului, V	13,8...14,4	14...14,5	27,3...28	13,65...13,75	14,4−0,45 +0,15	14...14,5
Domeniul de variație al curentului, A	5...30	10	...50	7...30	2...30	...45
Turația pentru verificarea tensiunii reglate, rot/min	5000	2 500	2 000	2 500	5 000	5 000
Deviația tensiunii la variația turației, V	0,4	±0,3	0,3	0,1	±0,05	0,6
Curentul pentru verificarea tensiunii, A	5	10	10	6	2...30	10
Domeniul de variație al turației, rot/min	850...1 100	1 500...6 000	1 000...3 000	1 600...3 500	3 000...12 500	2 000...5 000
Deviația tensiunii la creșterea temperaturii, V/10°C	0,15±0,05	−0,05...0,15		—	−0,18±0,03	—
Domeniul de variație al temperaturii, °C	−30...+60				−30...+60	
Curentul pentru verificarea tensiunii, A	5				2 și 30	
Turația pentru verificarea tensiunii, rot/min	4 000				5 000	

* Valori măsurate pe modele.

Firma Bosch R.F.G. utilizează relee electronice în special pentru alternatoare de putere mare. Spre exemplu se folosește tipul ED 28 V3 cu două tranzistoare cu germaniu pentru alternatoare de 28 V, 60 A avînd curentul de excitație maxim de 3A și tipul EA 28 V 8 cu trei tranzistoare cu germaniu pentru alternatoare de 28 V, 80 A avînd curentul de excitație maxim de 8 A. În fig. 4.47 este arătată schema și desenul de gabarit al releului ED 28 V 3. Se observă prezența diodelor în circuitul emitorului tranzistorului de putere și în circuitul bazei tranzistorului de comandă. Elementele releului sînt compoundate. O variantă a releului electronic EA28 V 8 poate îndeplini și funcția de limitator de curent.

Firmele americane și englezești execută în mod obișnuit relee regulatoare electronice avînd tranzistoare cu siliciu și circuite imprimate. Tipul 4 TR fabricat pentru alternatorul LUCAS 11AC (14 V, 45 A) are două tranzistoare cu siliciu (v. fig. 4.40).

În tabelele 4.5 respectiv 4.6 sînt arătate principalele caracteristici și datele constructive principale ale unor relee regulatoare electronice pentru alternatoare.

Tabelul 4.6

Datele constructive principale ale releelor regulatoare electrice

Datele tehnice	Tipul produsului			
	Model UEPS – 1968	R 300 T ICMA (pentru dinam)	ED 28 V 3 Bosch (R.F.G.)	4TR LUCAS (Anglia)
Numărul de tranzistoare	2 p-n-p	3 p-n-p	2 p-n-p	2 n-p-n
Tipul tranzistorului de putere T_1	EFT 250	EFT 250		180 T_2
Tipul tranzistoarelor de comandă T_2	EFT 323	2×EFT 322		2 N 3402
Tipul diodei zener	DZ 310	DZ 308	—	DZ 309
Tipul termistorului	—	TD 5 019 A	—	—
Greutatea, kgf	0,25	—	0,260	0,085
Schema electrică	fig. 4.46	fig. 4.34	fig. 4.47	fig. 4.48

4.2.4. ÎNCERCĂRILE RELEELOR REGULATOARE ELECTRONICE PENTRU ALTERNATOARE

Încercările releelor regulatoare electronice se aseamănă cu încercările releelor cu contacte.

Verificarea tensiunilor reglate se face la diferite valori ale curentului de sarcină, la diferite turații și la diferite temperaturi. De obicei se prescrie

valoarea tensiunii reglate pentru turaţia şi sarcina nominală. De asemenea se prevăd abaterile admise ale tensiunii reglate atunci cînd sarcina variază pînă la curentul maxim, cînd turaţia variază în întregul domeniu de turaţii şi cînd temperatura variază între limitele admise. Limita maximă a temperaturii de funcţionare este de +60°C pentru relee avînd tranzistoare cu germaniu şi +80°C pentru tranzistoare cu siliciu.

În afară de verificarea caracteristicilor de reglaj se mai efectuează încercări de tip privind rezistenţa de izolaţie (1...30 MΩ înainte de punerea la masă), tipul de protecţie şi rezistenţa la vibraţii şi scuturături.

Încercarea de durată de banc cuprinde de obicei 1 000...5000 h de funcţionare la sarcina şi turaţia nominală. Alteori se prescrie încercarea după un program cu cicluri, spre exemplu : 22 h mers şi 20 h pauză în apropierea turaţiei şi sarcinii maxime. După încercarea de durată se admite o abatere la tensiunea reglată de 1...3%.

Exploatarea releelor regulatoare electronice. În exploatare, releele regulatoare electronice nu necesită întreţineri sau revizii. La unele tipuri de relee există posibilitatea modificării valorii tensiunii reglate la valoarea dorită prin modificarea rezistenţelor divizorului de tensiune.

O atenţie deosebită trebuie dată conectării corecte a releului regulator. Inversarea polarităţii bornelor sau alte legături greşite determină defectarea releului.

5. BATERII DE ACUMULATOARE

5.1. CLASIFICAREA BATERIILOR DE ACUMULATOARE

Acumulatoarele sînt pile electrice secundare reversibile, care au proprietatea de a înmagazina energia electrică prin transformarea ei în energie chimică şi de a o reda din nou prin transformarea proceselor chimice.

În cele ce urmează ne vom referi la bateriile de acumulatoare electrice destinate pentru pornirea, aprinderea şi iluminatul autovehiculelor. Bateriile de acumulatoare numite pe scurt baterii, sînt constituite din elemente (celule) de acumulatoare conectate în serie (fig. 5. 1, *a* şi *b*) în paralel, sau mixt (fig. 5.1, *c*).

Bateriile utilizate pe autovehicule servesc ca sursă de energie electrică fiind conectate în paralel cu dinamurile sau alternatoarele. Ele îndeplinesc următoarele funcţii : alimentează demarorul şi sistemul de aprindere la pornire, alimentează restul consumatorilor electrici cînd motorul este în repaus, preiau vîrfurile de sarcină cînd puterea cerută de consumatori depăşeşte puterea pe care o poate da dinamul sau alternatorul. Afară de acestea acumulatoarele de pe autovehicule contribuie la menţinerea unei tensiuni constante a instalaţiei electrice la variaţia vitezei şi sarcinii generatorului.

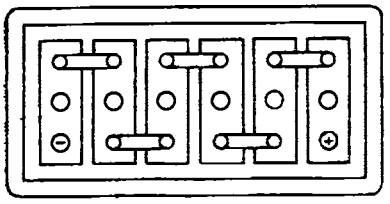
Pentru a putea face faţă curenţilor mari, ceruţi la pornirea demarorului, fără ca tensiunea la borne să scadă prea mult, este necesar ca bateriile pentru autovehicule să aibă o rezistenţă interioară cît mai scăzută. De asemenea este de dorit ca bateriile să prezinte un volum şi o greutate cît mai mică raportate la capacitatea lor şi o durată de funcţionare cît mai mare.

Dintre acumulatoarele pentru autovehicule, cea mai largă răspîndire o au acumulatoarele acide cu plăci de plumb, în timp ce acumulatoarele alcaline se utlizează de obicei numai la autovehiculele care nu necesită sistem de pornire electric (de ex. la motociclete).

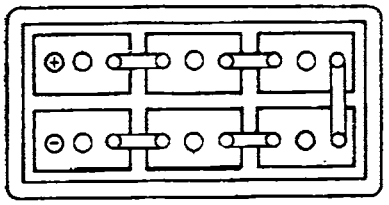
Acumulatoare acide cu plăci de plumb. Acumulatoarele acide cuprind o cuvă în care se introduc grupurile de plăci (electrozii) pozitive şi negative executate din grătare de plumb umplute cu materie activă şi electrolitul format din soluţie de acid sulfuric. În stare iniţială plăcile pozitive au

materia activă (pasta) formată din peroxid de plumb, iar cele negative din plumb spongios. Bateriile neformate trebuie umplute cu electrolit şi puse îndată la încărcare pentru formare electrochimică şi omogenizare. După formare acumulatoarele pot fi supuse la reacţii electrochimice reversibile de descărcare şi încărcare.

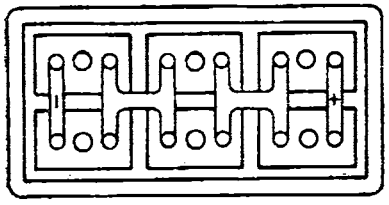
Procesul de descărcare se produce dacă legăm bornele grupurilor de plăci printr-o rezistenţă exterioară. În acest caz apare un curent electric în interiorul celulei de la polul minus la polul plus. Avem reacţiile :



a



b



c

Fig. 5.1

$$\text{la polul negativ } Pb + O + H_2SO_4 \rightarrow$$
$$\rightarrow Pb\,SO_4 + H_2O;$$

$$\text{la polul pozitiv } PbO_2 + H_2 + H_2SO_4 \rightarrow$$
$$\rightarrow PbSO_4 + 2\,H_2O.$$

La ambii electrozi materia primă se transformă în sulfat de plumb. Concentraţia electrolitului scade, tensiunea electrică scade, iar rezistenţa electrică interioară creşte.

Procesul de încărcare are loc dacă se aplică la bornele celor două grupuri de plăci o tensiune electrică cu polaritate corespunzătoare. La trecerea curentului electric prin electrolit de la polul pozitiv la polul negativ, soluţia de acid sulfuric disociată se descompune în hidrogen, care este transportat la polul negativ şi în radicalul acid care se deplasează la polul pozitiv. Avem următoarele reacţii :

$$\text{la polul negativ } PbSO_4 + H_2 \rightarrow Pb +$$
$$+ H_2SO_4;$$

$$\text{la polul pozitiv } PbSO_4 + 2\,H_2O + SO_4 \rightarrow PbO_2 + 2\,H_2SO_4.$$

Prin aceasta materia activă de pe plăci este transformată la polul negativ în plumb, iar la polul pozitiv în peroxid de plumb. În acelaşi timp concentraţia electrolitului creşte, tensiunea electrică creşte, iar rezistenţa electrică interioară devine minimă.

Valoarea nominală a tensiunii unui element de acumulator cu plumb este de 2 V, astfel că o baterie de 12 V cuprinde şase elemente conectate în serie.

Acumulatoarele cu plumb prezintă avantaje în special datorită faptului că au o rezistență interioară scăzută ceea ce face să fie utilizate la autovehicule cu pornire electrică, în schimb ele au și o serie de dezavantaje întrucît prezintă o rezistență mecanică scăzută și o durată de viață relativ mică. Acestea se explică prin modificarea volumului materiei active de pe plăcile acumulatorului, la transformările chimice care au loc în timpul funcționării. Acumulatoarele cu plumb prezintă o autodescărcare relativ mare și ca urmare nu este permis să stea mult timp în stare neîncărcată. Dacă acumulatoarele stau timp îndelungat descărcate sau incomplet încărcate se produce sulfatarea plăcilor (acoperirea lor cu sulfat de plumb cristalin rău conducător de electricitate și insolubil în electrolit) care trebuie evitată.

Acumulatoarele alcaline. Acumulatoarele alcaline pentru autovehicule sînt de obicei de tipul nichel-fier sau nichel-cadmiu. Ele au plăcile pozitive din nichel și plăcile negative din fier, respectiv cadmiu introduse în cuve din tablă de oțel nichelată și electrolit format din soluție de hidrat de potasiu. Plăcile pozitive sînt umplute cu materie activă din hidroxid de nichel care prin încărcare se transformă în oxid de nichel, iar plăcile negative conțin hidroxid de fier sau de cadmiu, care prin încărcare se transformă în fier sau cadmiu.

Tensiunile pe celulă sînt mai mici decît la acumulatoarele cu plumb și anume 1,2 V, astfel că o baterie de 6 V nichel-fier sau nichel-cadmiu cuprinde cinci celule conectate în serie. Fiecare celulă cuprinde cîte un electrod pozitiv și un electrod negativ a căror materie activă este presată în tuburi sau casete perforate din fier nichelat. Electrolitul are densitatea de 1,2 g/cm^3.

Procesele chimice în acumulatoarele alcaline sînt mai complicate decît la acumulatoarele cu plumb, așa că nu vom intra în amănunte. Este important însă de știut că hidratul de potasiu spre deosebire de acidul sulfuric de la bateriile cu plumb nu ia parte activă la transformările chimice, ci are rolul numai de a conduce curentul electric între electrozi. Ca urmare el nu își modifică practic densitatea și deci nu poate servi pentru determinarea stării de încărcare a bateriei. Tensiunea pe celulă poate crește pînă la 1,8 V la încărcare și poate scădea la 0,5 V la descărcare.

Acumulatoarele alcaline prezintă o serie de avantaje și anume: robustețe mai mare, întreținere mai ușoară și durată de viață mai mare. De asemenea autodescărcarea este relativ scăzută (aproximativ 20 % pe an), supraîncărcarea și supradescărcarea nu sînt periculoase. Dezavantajul principal al acumulatoarelor alcaline este că prezintă o rezistență interioară ridicată, ceea ce împiedică folosirea lor la autovehicule cu pornire electrică. De asemenea în general au volum mai mare la aceeași capacitate decît acumulatoarele cu plumb, număr mai mare de elemente la aceeași tensiune, variații de tensiune între încărcare și descărcare mai mari, preț de cost mai ridicat etc.

5 2. CARACTERISTICILE ACUMULATOARELOR CU PLUMB

Caracteristicile de funcţionare ale acumulatoarelor pentru autovehicule cuprind în afară de caracteristicile obişnuite care interesează pentru acumulatoarele normale, unele caracteristici care interesează în special pentru asigurarea pornirii electrice a autovehiculelor.

Tensiunea electromotoare a elementelor bateriei depinde de densitatea electrolitului. Dependenţa este practic liniară şi se poate exprima prin relaţia :

$$U_{eb} = 0{,}84 + \gamma \tag{5.1}$$

unde tensiunea electromotoare U_{eb} se exprimă în V, iar densitatea electrolitului γ în g/cm³ la 15°C.

Tensiunea la bornele elementelor bateriei U_b este variabilă, datorită căderilor de tensiune pe rezistenţele interioare R_i ale acestora. Rezistenţa interioară a unui element este mică : din aceasta aproximativ 50 % revine electrolitului, 20 % separatoarelor şi 30 % plăcilor. Rezistenţa plăcilor în stare descărcată este de aproximativ trei ori mai mare decît în stare încărcată, datorită prezenţei sulfatului de plumb rău conducător de electricitate.

Tensiunea la borne depinde de curentul de încărcare I_i

$$U_b = U_{eb} + I_i R_i, \tag{5.2}$$

respectiv de curentul de descărcare I_d

$$U_b = U_{eb} - I_d R_i. \tag{5.3}$$

Caracteristicile de descărcare şi încărcare ale acumulatorului la curent constant. Aceste caracteristici arată valoarea tensiunii electromotoare respectiv a tensiunii la borne în funcţie de timp pentru un curent constant. Valorile curenţilor de încărcare respectiv de descărcare se aleg în funcţie de capacitatea acumulatorului.

Bateria se consideră ca fiind complet încărcată atunci cînd în timpul încărcării cu intensitatea de curent prescrisă de fabricant, valorile tensiunii bateriei şi ale densităţii electrolitului rămîn constante şi se păstrează aşa încă 2 h consecutiv la sfîrşitul încărcării, ţinînd cont de variaţiile acestora cu temperatura (a se vedea relaţiile 5.1 şi 5.17).

Dacă nu se indică altfel încărcarea se face cu un curent $I_i = 0{,}05\ C_{20}$ [A], iar temperatura este cuprinsă între 15 · 40°C. Descărcarea este normală dacă se face la aceeaşi curenţi şi temperaturi ca la încărcare, sau rapidă dacă curentul este $I_d = 3 \cdot 3{,}5\ C_{20}$ [A] şi temperatura — 18°C.

Caracteristica de descărcare (fig. 5.2, *a*). Această caracteristică se determină sub curent constant, pornind cu acumulatorul complet încărcat, avînd

inițial tensiunea electromotoare $U_{eo} = 2{,}12$ V aproximativ egală cu tensiunea la borne și densitatea electrolitului $\gamma = 1{,}28$ g/cm³. Tensiunea la borne U_b scade la început rapid la 1,95 · 2 V, apoi lent la 1,8 V unde se se menținc aproape constantă, în timp ce densitatea scade practic liniar în funcție de timp.

La sfîrșit cînd acumulatorul este descărcat, tensiunea la borne scade brusc la 1,7 V și apoi spre zero. În momentul în care tensiunea devine insta-

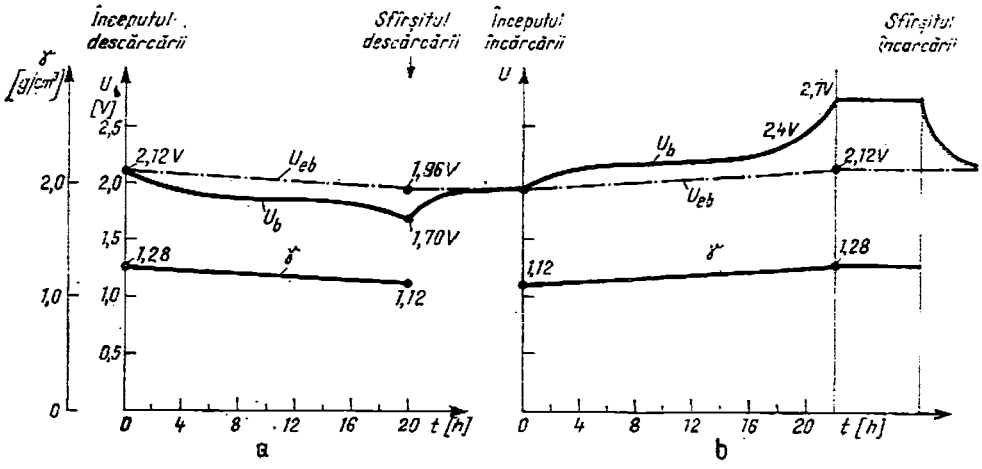


Fig.

bilă și începe să scadă brusc se întrerupe descărcarea, de obicei la o valoare a tensiunii electromotoare $U_{eo} = 1{,}96$ V, o tensiune la borne $U_b = 1{,}7$ V și o densitate a electrolitului $\gamma = 1{,}12$ g/cm³. Dacă acumulatorul se descarcă în continuare apare pericolul sulfatării. Sulfatarea bateriei este un proces ireversibil, care constă în depunerea pe plăci a unor cristale mari de sulfat de plumb insolubile în electrolit. Acest fenomen apare de obicei cînd acumulatorul stă mult timp descărcat și are ca urmare creșterea rezistenței interioare și micșorarea capacității acumulatorului.

Caracteristica de încărcare (fig. 5.2, *b*) se determină în mod asemănător. Tensiunea la borne U_b care inițial are o valoare apropiată de tensiunea electromotoare $U_{eb} = 1{,}96$ V crește la început rapid la 2 · 2,2 V, apoi lent pînă la 2,3 V. La sfîrșitul încărcării tensiunea la borne crește brusc la 2,7 · · 2,8 V, racțiile chimice normale iau sfîrșit și dacă se continuă încărcarea, trecerea curentului provoacă numai descompunerea apei sub formă de bule de gaz numită fierberea electrolitului. Supraîncărcarea este inutilă și dăunătoare, astfel că după terminarea încărcării determinată prin măsurarea tensiunii și densității, acumulatorul se lasă numai 1 · 2 h

sub curent. La sfîrşitul încărcării tensiunea electromotoare are valoarea $U_{eb} = 2{,}12$ V, tensiunea la borne $U_b = 2{,}7$ V şi densitatea electrolitului $\gamma = 1{,}28$ g/cm³.

Cu ajutorul caracteristicilor de descărcare şi de încărcare se poate determina capacitatea acumulatorului. *Capacitatea acumulatorului* la descărcare C_d, respectiv încărcare C_i este egală cu produsul dintre curentul de descărcare (sau încărcare) şi timpul de descărcare (sau încărcare)

$$C_d = \int_0^{t_d} I_d \, dt_d ; \tag{5.4}$$

$$C_i = \int_0^{t_i} I_i \, dt_i . \tag{5.5}$$

Capacitatea *nominală* C_N corespunde după cum s-a arătat, la regimul de descărcare de 20 h şi se obţine pentru acel curent constant $I_{20} = 0{,}05\, C_{20}$ [A], care trebuie să descarce bateria în timp de 20 h pînă la 1,75 V pe element, la temperatura de referinţă a elementului

$$C_N = I_{20} \cdot 20 \text{ [Ah]}. \tag{5.6}$$

Uneori, spre exemplu la acumulatoare sovietice, se ia în considerare capacitatea nominală pentru regim de descărcare de 10 h

$$C_N = I_{10} \cdot 10 \text{ [Ah]}. \tag{5.7}$$

Caracteristica externă a acumulatorului (fig. 5.3) reprezintă dependenţa între tensiunea la borne şi curent pentru încărcare respectiv descărcare. Curentul de încărcare se consideră pozitiv iar cel de descărcare negativ. Panta caracteristicii depinde de rezistenţa interioară a acumulatorului. Pentru a avea variaţii mici de tensiune este necesar ca rezistenţa interioară să fie cît mai mică. În fig. 5.3 se arată şi influenţa temperaturii asupra pantei caracteristicii externe. Iarna curba caracteristică *b* este mai înclinată decît vara, *a*.

Dacă se trasează caracteristicile externe de descărcare pentru acumulatoare cu diferite capacităţi (fig. 5.4) observăm că pe măsură ce creşte capacitatea acumulatorului, creşte şi valoarea curentului de scurtcircuit (I_{bk}).

Numim curent specific sau încărcare specifică de curent i_{bk} raportul dintre curentul de scurtcircuit I_{bk} şi capacitatea nominală C_N. Acest raport caracterizează acumulatorul pentru pornire (de exemplu $i_{bk} = 15 \ldots 17 \frac{\text{A}}{\text{Ah}}$ pentru acumulatoarele cu plumb)

$$i_{bk} = \frac{I_{bk}}{C_N}. \tag{5.8}$$

Exprimînd curentul specific în funcţie de rezistenţa interioară a bateriei, observăm că cu cît rezistenţa interioară este mai mică cu atît curentul specific este mai mare şi acumulatorul se comportă mai bine

$$i_{bk} = \frac{U_N}{R_i \cdot C_N}. \tag{5.9}$$

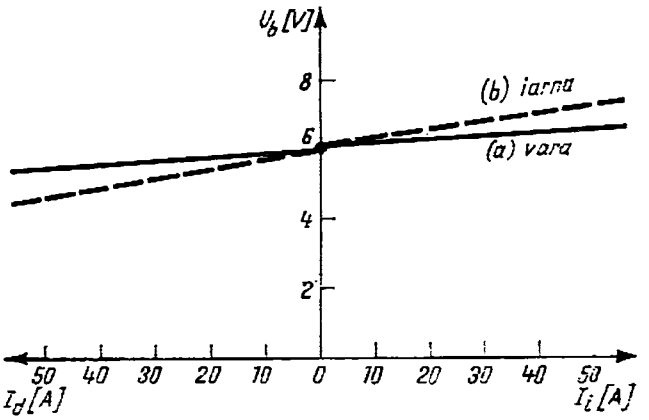


Fig. 5.3

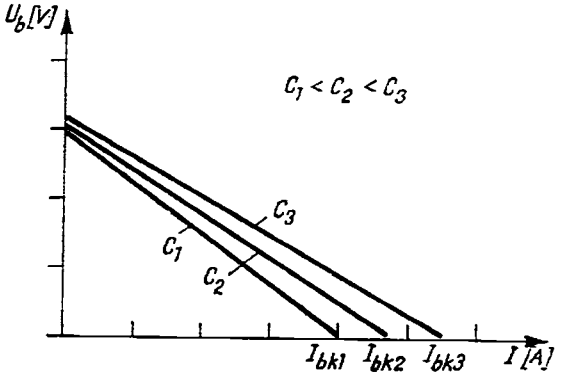


Fig. 5.4

Uneori se obişnuieşte să se exprime încărcarea specifică de curent corespunzătoare la jumătate din tensiunea nominală a bateriei, ceea ce corespunde cu aproximativ jumătate din curentul de scurtcircuit

$$1/2\ i_{bk} = \frac{I_{bk}}{2\ C_N}. \tag{5.10}$$

Pentru baterii de autovehicule normale ținînd seama de variația capacității și rezistenței interioare cu temperatura se pot considera următoarele valori pentru $1/2\ i_{bk}\ \left[\frac{A}{Ah}\right]$

	+ 20°C	+ 10°C	0°C	− 10°C	− 15°C	− 20°C	− 25°C
Bateria 1/2 încărcată	8,8	8,0	7,0	5,8	4,8	4,6	4,0
Bateria 3/4 încărcată	9,6	8,8	7,7	6,5	5,5	5,2	4,6

Temperatura influențează asupra caracteristicilor acumulatorului, întrucît scăderea temperaturii determină mărirea viscozității electrolitului și îngreunează difuziunea în adîncimea porilor. Tensiunea electromotoare și capacitatea acumulatorului scad; totodată crește rezistența interioară astfel că tensiunea la borne la descărcare este mai mică, iar la încărcare este mai mare iarna decît vara.

Dependența capacității de curentul de descărcare. Capacitatea scade cînd curentul de descărcare crește (fig. 5.5, *a*). Dacă notăm cu: I_N — curentul nominal; I_d — curentul de descărcare; C_N — capacitatea nominală de descărcare, C_d — capacitatea de descărcare corespunzătoare curentului I_d și cu m — un coeficient constant experimental avem relația

$$C_d = \left(\frac{I_N}{I_d}\right)^{m-1} C_N. \tag{5.11}$$

Menționăm că pentru variații mari ale curentului coeficientul m nu mai este o constantă.

Capacitatea acumulatorului scade o dată cu scăderea temperaturii (fig. 5.5, *b*) după relația

$$C_\tau = C_{\tau_0}\,[1 + \alpha_c(\tau - \tau_0)]. \tag{5.12}$$

Coeficientul de temperatură α_c depinde atît de temperatură cît și de regimul de descărcare.

Randamentul acumulatorului se poate referi la capacitatea sau la energia acestuia.

Randamentul referitor la capacitatea acumulatorului numit și *randament de sarcină* reprezintă raportul dintre sarcina electrică cedată la descărcare și sarcina absorbită la încărcare (are valoarea 80...90%)

$$\eta_c = \frac{\int_0^{T_d} i_d\,dt}{\int_0^{T_i} i_i\,dt}. \tag{5.13}$$

Randamentul energetic este raportul dintre energia cedată la descărcare și energia la încărcare (are valoarea 65...75 %)

$$\eta = \frac{\int_0^{T_d} U_d\, i_d\, dt}{\int_0^{T_i} U_i\, i_i\, dt} \tag{5.14}$$

În ceea ce privește *verificarea capacității nominale* precizăm că aceasta trebuie să fie atinsă în cursul primelor trei cicluri de funcționare conform

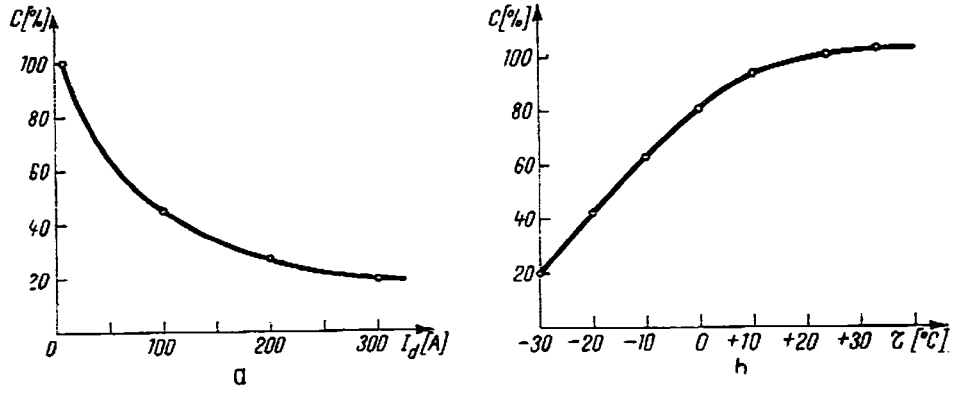


Fig. 5.5

prescripțiilor. Pentru aceasta se măsoară durata timpului de descărcare cu curent constant $I_d = 0{,}05\ C_{20}$ [A] pentru temperatura τ a electrolitului

$$C_\tau = t \cdot I_d. \tag{5.15}$$

Dacă valoarea medie a temperaturii electrolitului în timpul descărcării se abate de la temperatura de referință de 25°C, capacitatea la 25°C ($C_{25°C}$) se determină din capacitatea C_τ la temperatura τ cu relația (5.12) unde $\alpha_C = 0{,}01 \left[\frac{1}{°C}\right]$.

În afară de caracteristicile arătate mai sus, în cazul acumulatoarelor pentru demarajul autovehiculelor este necesar să se cunoască: capacitatea de descărcare rapidă, autodescărcarea, acceptarea curentului de încărcare, supraîncărcarea, durata de funcționare și unele condiții constructive.

Capacitatea de descărcare rapidă se poate determina fie la temperatura ambiantă, fie la temperaturi scăzute. Standardele mai vechi (de exemplu

STAS 444-60) prevedeau verificarea capacității de descărcare la +25°C printr-o descărcare cu durata minimă de 5 min și 50 s la un curent $I=3C_{20}$ [A] pînă se ajunge la tensiunea de 1,33 V pe element (respectiv 8 V pentru o baterie cu $U_N = 12$ V). Se prevedea și verificarea valorii tensiunii după 5...7 s de la începerea descărcării (10 V pentru bateria cu $U_N=12$ V).

Verificarea capacității de descărcare la −18°C era prevăzută a se face printr-o descărcare cu durata minimă de 2 min 50 s la un curent $I=3C_{20}$ [A] pînă se ajunge la 1 V pe element (respectiv 6 V pentru $U_N=12$ V). De asemenea se prevede valoarea admisă a tensiunii după 5...7 s de la începerea descărcării (8 V pentru $U_N=12$ V).

Noua redactare a standardului pentru baterii prevede verificarea capacității de descărcare rapidă numai la temperaturi joase −(18±1°C). Pentru aceasta bateria se descarcă în cel puțin 3 min sub un curent de descărcare $I=3...3{,}5\ C_{20}$ [A], descărcarea fiind oprită în momentul cînd tensiunea la bornele bateriei a atins valoarea de 6 V pentru $U_N=12$ V. După 5...7 s de descărcare se admite o scădere a tensiunii la 8 V pentru $U_N=12$ V.

De obicei verificarea capacității de descărcare rapidă la temperaturi joase trebuie să fie precedată de trei cicluri complete de încărcare și descărcare cu $I=0{,}05\ C_{20}$ [A].

Autodescărcarea sau pierderea capacității este un fenomen prin care acumulatorul își pierde sarcina electrică fără a o trimite într-un circuit exterior lui. Pierderea capacității la depozitare este definită prin diferența între media capacităților obținute în cursul a două descărcări inițiale C și capacitatea măsurată după depozitare timp de un anumit număr de zile C', exprimată în procente din capacitatea medie inițială

$$S = \frac{C - C'}{C} \cdot 100\%. \tag{5.16}$$

Standardul vechi admitea o scădere de maximum 14 % după o depozitare de 14 zile, în timp ce standardul nou admite o scădere de maxim 20 % după o depozitare de 28 de zile.

Acceptarea curentului de încărcare este o condiție tehnică nouă introdusă în ultima redactare a standardului pentru baterii. Prin acceptarea curentului de încărcare a unei baterii înțelegem curentul în amperi pe care o baterie nouă încărcată în prealabil, poate să-l absoarbă după ce a fost descărcată timp de 5 h cu un curent $I = 0{,}1\ C_{20}$ [A]. Curentul absorbit de baterie la reîncărcare nu trebuie să fie inferior lui $I = 0{,}1\ C_{20}$ [A].

Supraîncărcarea se verifică supunînd bateria la încărcarea îndelungată cu un curent constant. După standardul vechi se prevedea încercarea în decursul a patru cicluri de încărcare a cîte 100 h și curent $I = 0{,}1\ C_{20}$ [A], în timp ce standardul nou prevede șase cicluri de încărcare timp de

100 h fiecare și $I = 0{,}1\ C_{20}$ [A], bineînțeles fiecare încărcare este urmată de descărcare. După încercările de mai sus capacitatea bateriei nu trebuie să scadă sensibil sub cea inițială (spre exemplu durata descărcării la $-18°C$ nu trebuie să scadă sub 30 s).

În afară de condițiile tehnice arătate mai sus bateria trebuie să corespundă la proba de durată și la unele condiții constructive — care sînt arătate în subcapitolul referitor la încercări.

5.3. CONSTRUCȚIA BATERIILOR DE ACUMULATOARE CU PLUMB

Bateria de acumulatoare se compune din elemente (fig. 5.6) formate din ansamblul plăcilor pozitive și negative *1*, separatoarele *2*, electrolitul *3*, cuva *4*, capacele *5*, piesele de legătură între elemente *6*, bornele *7* și bușoanele *8*.

În vederea obținerii unei suprafețe active cît mai mari, pentru execuția plăcilor, se folosesc grătare din aliaj de plumb turnate sub presiune. În găurile grătarelor se introduce materia activă care după cum s-a arătat este făcută dintr-o pastă, la plăcile pozitive din peroxid de plumb, iar la cele negative din plumb spongios. Acumulatoarele asamblate cu plăcile uscate (neformate), pot fi stocate numai un timp limitat, trebuind să fie umplute cu electrolit și puse de îndată la încărcare. Menționăm că plăcile negative au o materie activă spongioasă care se oxidează repede în contact cu aerul și ca urmare nu își pot păstra timp îndelungat starea inițială.

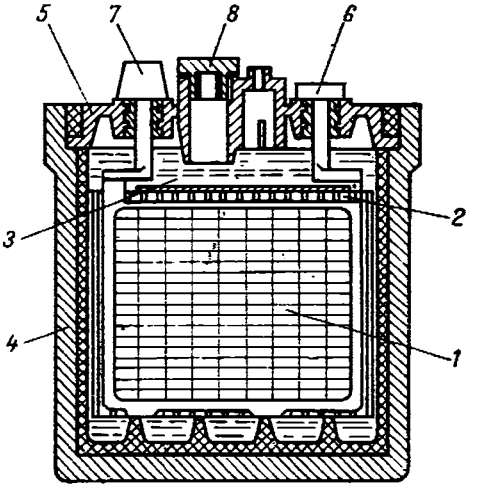


Fig. 5.6

Există și acumulatoare speciale cu plăci formate uscat, construite cu scopul de a prelungi durata de depozitare fără inconvenientul pierderii încărcării, care permit punerea în funcțiune fără altă încărcare. La această construcție plăcile negative sînt supuse la sfîrșitul procesului tehnologic obișnuit unei operații deosebite de uscare complet ferită de contactul cu aerul. Plăcile sînt apoi acoperite cu o substanță izolatoare de mediul înconjurător, care le împiedică oxidarea și deci pierderea încărcării.

Prin aplicarea acestei metode acumulatoarele cu plăci formate pot fi puse în funcțiune prin simpla umplere cu acid, fără altă încărcare prealabilă.

Ansamblul plăcilor negative cuprinde o placă în plus față de cele pozitive, pentru a asigura descărcarea plăcilor pozitive pe ambele fețe, întrucît la descărcarea pe o singură parte a plăcii pozitive materia activă de pe acestea se poate desprinde.

În ultimul timp se utilizează grătare pozitive subțiri confecționate din aliaje noi mai pure, care prezintă o rezistență mai mare la coroziune și la efectele dăunătoare ale suprasarcinilor permițînd să se realizeze baterii mai mici și mai ușoare cu performanțe și siguranță mărite în funcționare.

Plăcile elementelor acumulatorului sînt legate între ele prin punți de legătură din plumb. Între plăcile pozitive și cele negative se așază separatoare confecționate din lemn (fibră de celuloză impregnată în substanțe fenolice) sau în ultimul timp din mase plastice poroase (PVC) sau împîslitură de sticlă. Ca exemplu arătăm utilizarea la bateriile românești a separatoarelor vinipor, care asigură o rezistență electrică mică, rezistență mecanică și flexibilitate mari, permeabilitate și porozitate mare.

Separatoarele au de obicei o suprafață netedă înspre plăcile negative și o suprafață cu renuri spre plăcile pozitive.

Electrolitul acumulatorului cu plumb este format din soluția în apă a acidului sulfuric. Electrolitul utilizat normal pentru baterii cu plumb în climat normal trebuie să aibă densitatea la 15°C cuprinsă între 1,26 și 1,3 g/cm³, iar pentru climat tropical între 1,2 și 1,23 g/cm³. La prima încărcare densitatea electrolitului pentru acumulatoare formate trebuie să fie de 1,3 g/cm³, iar pentru cele neformate 1,18 g/cm³.

Densitatea electrolitului scade cînd crește temperatura, astfel că pentru a determina densitatea γ_τ la o temperatură τ în funcție de densitatea γ_{τ_0} la τ_0°C se utilizează relația

$$\gamma_\tau = \gamma_{\tau_0} - \alpha(\tau - \tau_0), \tag{5.17}$$

unde $\alpha \approx 0{,}0007 \left[\frac{1}{°C}\right]$.

Rezistivitatea electrolitului scade o dată cu creșterea temperaturii.

Temperatura de îngheț a electrolitului depinde de densitate (fig. 5.7, *a*) respectiv de capacitate (fig. 5.7, *b*). În special bateriile descărcate trebuie ferite de îngheț.

Cuva acumulatorului numită și monobloc se execută din ebonită sau masă plastică asfaltică și este căptușită la interior cu materiale rezistente la acid sulfuric. Ea este căptușită la interior cu materiale rezistente la acid sulfuric. Ea este împărțită în compartimente pentru separarea elementelor și are nervuri pentru a evita scurtcircuitarea plăcilor, datorită depunerilor de materie activă.

Capacele elementelor se execută de asemenea din materiale izolante. Pe ele se fixează bușoanele și bornele. Bușoanele executate din masă plastică se înșurubează în găurile prevăzute în capace. Ele servesc la introdu-

cerea și controlul nivelului electrolitului și la evacuarea gazelor fără a permite curgerea electrolitului.

Bornele bateriilor au dimensiuni normalizate, formă tronconică și sînt marcate cu semnele plus respectiv minus. Diametrele bornelor pozitive sînt

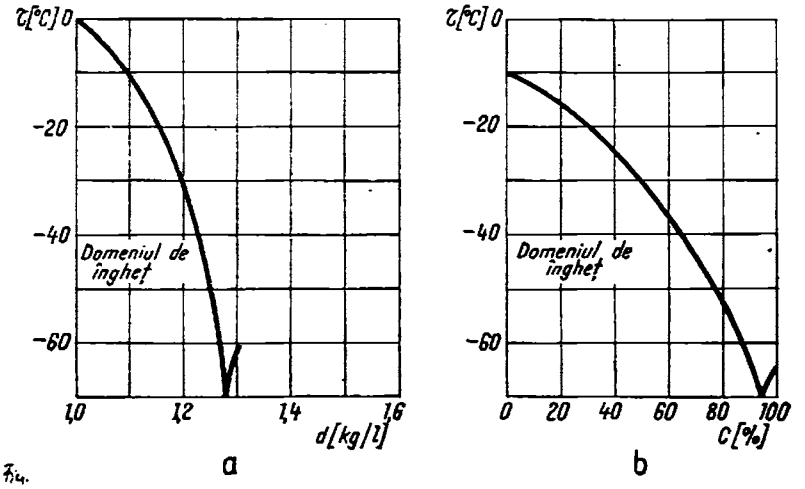


Fig. 5.7

Tabelul 5.1

Caracteristicile principale ale acumulatoarelor cu plumb

Caracteristicile	Tipul acumulatorului		
	12 M_2–64 (12 Dg 64)	12 D_2 153 (12 Eg 153)	6 ST 42 (U.R.S.S.)
Tensiunea nominală, V	12	12	12
Capacitatea nominală, Ah : C_{20}	64	153	—
C_{10}	—	—	42
Curentul de descărcare normal, A I_{C20}	3,2	7,65	—
I_{C10}			4,2
Curentul de descărcare rapidă la Irig, A	224	535	125
Temperatura inițială a electrolitului, °C	—18	—18	—18
Durata de descărcare minimă, min	3	3	3
Tensiunea finală la bornele bateriei, V	6	6	6

mai mari decît cele ale bornelor negative. Bornele ca și punțile de legătură între elemente se execută din aliaj de plumb.

În ultimul timp punțile de legătură între elemente nu se mai așază deasupra capacelor, ci sub ele, deasupra peretelui de separație dintre

elemente sau prin acesta. Noua construcție elimină coroziunea legăturilor, realizează economii de materiale și îmbunătățește performanțele bateriilor datorită scăderii rezistenței electrice.

Pentru etanșarea bateriilor se toarnă o masă de etanșare bituminoasă care acoperă capacele și le leagă de cuvă.

În tabelul 5.1 sînt arătate principalele date caracteristice ale unor baterii, iar în tabelul 5.2 datele lor constuctive.

Tabelul 5.2

Datele constructive principale ale acumulatoarelor cu plumb

Datele constructive	Tipul produsului		
	12 M_2 64 (12 Dr – 64)	12 D_2 153 (12 Eg – 153)	6 ST 42 (U.R.S.S.)
Înălțimea acumulatorului (fără borne), mm	218	240	
Lățimea acumulatorului, mm	175	226	
Lungimea acumulatorului, mm	307	517	
Diametrul superior al bornei pozitive, mm	17,4±0,2	17,1±0.2	17,5±0,25
Diametrul inferior al bornei negative, mm	15,8±0,2	15,8±0,2	16±0,25
Înălțimea bornelor, mm	17	17	16
Conicitatea bornelor	1 : 9	1 : 9	1 : 9
Greutatea cu electrolit, kgf	26		18,8

5.4. ÎNCERCĂRILE ȘI EXPLOATAREA BATERIILOR DE ACUMULATOARE

În prealabil se face controlul dimensiunilor și greutății bateriei și se verifică inscripțiile: semnele plus și minus pe borne, tensiunea nominală, capacitatea nominală, tipul bateriei. Se face controlul densității și nivelului electrolitului în stare complet încărcată.

Verificarea capacității nominale se face după 2...8 h de la sfîrșitul încărcării, descărcînd bateria cu un curent $I_d = 0{,}05\ C_{20}$ [A], pînă cînd tensiunea scade la 1,75 V pe element. Verificarea capacității la descărcare rapidă, la temperaturi joase, se face după trei încercări de descărcare lentă. Se încarcă complet bateria, apoi aceasta este adusă la temperatura de —18°C unde este menținută 2 h, după care este supusă unei descărcări rapide cu curentul prescris, pînă cînd tensiunea la borne scade la valoarea prescrisă.

Autodescărcarea se efectuează după două încercări consecutive de descărcare lentă la care se notează capacitatea inițială medie. După reîncărcare bateria este ținută în repaus timpul prescris pentru depozitare şi apoi este supusă unei descărcări lente pentru determinarea capacității finale.

Pentru verificarea *acceptării curentului de încărcare*, bateria este încărcată şi apoi descărcată 5 h cu un curent $I = 0{,}1\ C_{20}$ [A]. După acea bateria se încarcă la o tensiune constantă de 2,4 V pe element şi se notează curentul care trece prin baterie după 10 min de încărcare; acesta trebuie să aibă valoarea prescrisă.

Încercarea la *supraîncărcare* se efectuează asupra unei baterii care a satisfăcut controlul capacității şi aptitudinea de descărcare rapidă la frig. Bateria este încărcată continuu sub un curent cu intensitatea $I = 0{,}10\ C_{20}$ [A] timp de 100 h, asigurînd răcirea bacului şi completînd nivelul electrolitului cu apă distilată, după care se face descărcarea rapidă la frig. Încercarea de supraîncărcare este repetată de trei ori, de fiecare dată trebuind să fie îndeplinite condițiile prevăzute pentru descărcare.

Pentru determinarea curentului rezidual absorbit de baterie la sfîrşitul încărcării se face aşa-numita încercare de *ambalare de pornire*. Bateria complet încărcată este lăsată în repaus 12...15 h la 22 $\pm$ 2°C, după care este alimentată la 15 V timp de 6 h. Curentul de încărcare la sfîrşitul acestei perioade nu trebuie să depăşească $I = 0{,}08\ C_{20}$ [A] pentru baterii noi şi $I = 0{,}15\ C_{20}$ [A] pentru baterii care au funcționat la o probă de durată.

Verificarea condițiilor constructive, cuprinde controlul etanşeității, al înclinării bateriei şi al masei de etanşare.

Etanşeitatea bateriei trebuie să fie astfel încît să reziste timp de 3...5 s la o încercare de suprapresiune de 150 mm Hg.

Controlul la închiderea bateriei se face prin înclinarea acesteia sub un unghi de 45° după ce în prealabil s-a verificat nivelul electrolitului şi strîngerea buşoanelor. Nu trebuie să apară urme de electrolit.

Verificarea masei de etanşare constă într-o încercare la cald unde se menține bateria în poziție înclinată şi o încercare la frig. După aceasta bateria nu trebuie să prezinte scurgeri şi trebuie să reziste la proba de etanşeitate.

Controlul bateriei la solicitări mecanice, cuprinde proba de vibrații şi proba de scuturături.

Proba de durată cuprinde cicluri de încărcare şi descărcare lentă: minimum 300 cicluri pentru bateriile cu separatori combinați cu împîslitură de sticlă şi minimum 200 cicluri pentru bateriile cu separatori simpli. După aceasta capacitatea bateriilor nu trebuie să scadă la mai mult de 70 % din capacitatea nominală C_{20}.

Proba de durată după metoda accelerată cuprinde patru încercări repetate a cîte 36 cicluri de descărcare lentă ($I_d = 0{,}1\ C_{20}$ [A]) şi încărcare. După fiecare serie de 36 cicluri se face o descărcare rapidă ($I_d = 3...3{,}5\ C_{20}$ [A]), iar la sfîrşit se face o descărcare rapidă la frig.

Exploatarea bateriilor de acumulatoare pe autovehicule, presupune respectarea următoarelor recomandări:

— bateria trebuie să fie bine fixată pe autovehicul pentru a nu fi supusă la şocuri şi lovituri;

— clemele conductoarelor trebuie să fie foarte bine fixate la borne pentru a asigura un contact bun; ele trebuie să fie curate şi unse cu vaselină neutră;

— la fiecare 2 — 3 săptămîni este bine să se verifice nivelul electrolitului; dacă este prea scăzut se completează numai cu apă distilată; completarea cu electrolit se face numai dacă s-a vărsat electrolitul;

— starea de încărcare a bateriei se verifică cu densimetrul şi cu voltmetrul şi trebuie să se respecte indicaţiile de mai sus;

— pentru a nu descărca inadmisibil bateria, demarorul trebuie utilizat cu economie şi nu mai mult de 10 s continuu; în stare rece iarna, în special la motoare diesel este bine să se facă preîncălzirea;

— dacă se lucrează la instalaţia electrică, trebuie desfăcut în prealabil conductorul de legare la masă;

— dacă vehiculul trebuie să stea afară pe timp foarte rece, acumulatorul trebuie demontat şi păstrat la cald pentru a nu îngheţa electrolitul (în special noaptea);

— în timpul cît autovehiculul este scos din funcţiune pentru o perioadă mai îndelungată, acumulatorul trebuie păstrat conform instrucţiunilor de depozitare;

— îmbrăcămintea pătată cu electrolit trebuie curăţită cu soluţie de sodă pentru a nu se strica stofa;

— cînd bateria este descărcată sub limita admisă trebuie reîncărcată conform instrucţiunilor.

6. SISTEME DE PORNIRE

6.1. CLASIFICAREA SISTEMELOR DE PORNIRE ELECTRICĂ

Rolul sistemelor de pornire a motoarelor cu combustie internă constă în accelerarea acestora din starea de repaus şi antrenarea lor pînă în momentul în care începe să se aprindă amestecul de combustibil şi motoarele să meargă singure. Există diferite sisteme de pornire între care amintim : pornirea cu ajutorul motoarelor de pornire cu benzină, pornirea cu dispozitive cu aer comprimat şi pornirea electrică.

Dintre condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească pornirea electrică amintim :

— asigurarea turaţiei şi a cuplului necesar pentru condiţiile cele mai grele de pornire

— funcţionarea sigură într-un anumit domeniu de temperaturi (de ex. de la −20°C la +60°C) ;

— cuplarea motorului de pornire cu motorul cu ardere internă numai în timpul pornirii acestuia ;

— decuplarea automată a motorului de pornire după pornirea motorului cu ardere internă ;

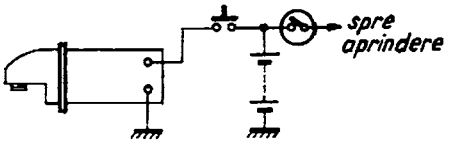
— maşinile şi aparatele ce fac parte din sistemul de pornire trebuie să prezinte dimensiuni reduse, greutate mică, cost redus şi o întreţinere simplă şi uşoară în exploatare.

Sistemul de pornire electric cuprinde demarorul şi bateria de acumulatoare, iar ca accesorii releul demaror, întreruptorul de pornire şi conductele de legătură. Demaroarele sînt motoare de curent continuu prevăzute cu dispozitive de cuplare pentru transmiterea mişcării la motorul cu combustie internă. După *modul de cuplare* deosebim : demaroare de cuplare prin inerţie, cu cuplare forţată şi cu cuplare electromagnetică. Acestea vor fi analizate în capitolul următor.

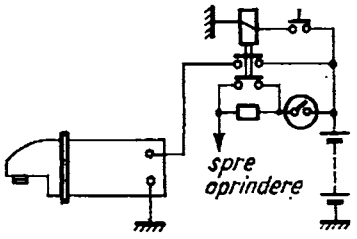
Sistemele de pornirie electrică se împart în : sisteme de pornire normale, care se utilizează la motoarele cu combustie internă uzuale şi în sisteme de pornire speciale pentru acţionarea motoarelor de putere mare.

Din punct de vedere al modului de acţionare, *sistemele de pornire normale* se pot clasifica : în sisteme cu acţionare directă şi în sisteme cu acţionare indirectă.

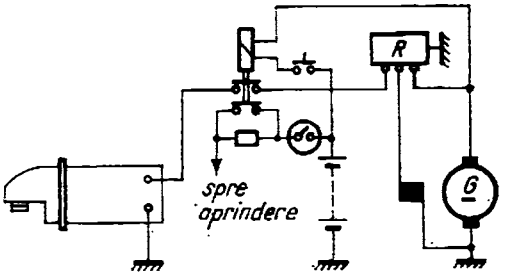
La sistemele cu *acţionare directă* alimentarea demarorului se face direct de la baterie prin întreruptorul de pornire (fig. 6.1, *a*). În acest caz



a



b



c

Fig. 6.1

datorită lungimii mari a conductelor de legătură, pentru alimentarea demarorului şi contactului imperfect al întreruptorului la curenţii mari de pornire, apar căderi de tensiune care determină micşorarea puterii disponibile a demarorului. În prezent se preferă sistemele cu *acţionarea indirectă*, care folosesc relee de pornire (fig. 6.1, *b*). Aceste relee pot fi montate în apropierea sau în interiorul demarorului, eliminînd dezavantajul

amintit. Menționăm că uneori se obișnuiește ca întreruptoarele respectiv releele de pornire să aibă borne suplimentare pentru scurtcircuitarea rezistențelor adiționale ale bobinelor de aprindere în timpul pornirii.

Pentru a evita cuplarea demarorului cu coroana volantului în timpul mersului motorului și pentru decomandarea automată după pornire, se utilizează schema cu acționare indirectă și alimentarea releului prin dinam (fig. 6.1, *c*). La această schemă în timpul pornirii înfășurarea releului demarorului este alimentată cu întreaga tensiune de la baterie, întrucît tensiunea pe dinam este mică. După pornire apare o tensiune la bornele dinamului, care face ca în cazul închiderii contactelor întreruptorului de pornire să se aplice o tensiune mică asupra bobinei releului, egală cu diferența dintre tensiunea bateriei și tensiunea generatorului. Ca urmare după pornirea motorului releul demarorului întrerupe alimentarea și practic nu conectează chiar dacă se închide întreruptorul de pornire.

În cazul motoarelor de puteri mari și care prezintă cupluri rezistente mari la pornire se utilizează sisteme de pornire speciale, între care amintim sisteme de demarare în paralel, sisteme cu alimentarea demaroarelor de la două baterii de acumulatoare, demaroare pendulare și demaroare cu inerție.

Demaroare care funcționează în paralel. Pentru a evita suprasolicitarea sau supradimensionarea demaroarelor, spre exemplu în cazul motoarelor Diesel puternice, se montează două demaroare care funcționează în paralel (fig. 6.2, *a*). Asigurarea cuplării simultane se realizează cu ajutorul unui releu sincronizator dublu *3* și *4*, iar fiecare demaror are cîte un releu electromagnetic *1* și *2*.

La închiderea întreruptorului de pornire este alimentată înfășurarea releului *1* ale cărui contacte C_1 se închid și astfel sînt alimentate înfășurările de excitație serie, auxiliară și derivație ale demarorului M_1. Rotorul acestuia se va roti lent cuplîndu-se ușor cu coroana. În acest moment se deblochează un opritor astfel că se închid și contactele C_1' permițînd alimentarea înfășurării releului *2*. Contactele C_2 se închid și astfel sînt alimentate înfășurările de excitație serie, auxiliară și derivație ale demarorului M_2. Rotorul acestuia se va roti lent cuplîndu-se ușor, după care opritorul permite închiderea contactelor C_2'. Prin aceasta sînt alimentate înfășurările releului dublu de comandă principal *3* și *4*, care închide circuitele înfășurărilor de excitație principale ale ambelor demaroare.

Demaroare alimentate cu două baterii de acumulatoare. Pentru a micșora curenții de pornire și implicit căderile de tensiune în cazul motoarelor de putere mare, se recomandă utilizarea bateriilor de 24 V. Întrucît în general consumatorii au tensiunea nominală la 12 V. este indicat să se utilizeze scheme care pot funcționa cu 12 V și 24 V, fiind prevăzute cu conductor neutru sau cu comutator pentru conectare paralel și serie.

Schema de conductor neutru (fig. 6.2, *b*) cuprinde un generator și un demaror de cîte 24 V și două baterii de acumulatoare de 12 V legate în serie, avînd borna dintre ele comună legată la masă. Receptoarele de 12 V sînt împărțite pe cît posibil egal pe cele două baterii. O parte din ele și o baterie

sînt conectate cu plusul la masă, iar restul cu minusul la masă. Această schemă prezintă dezavantajul că nu funcţionează bine decît dacă se asigură încărcarea simetrică a receptoarelor ceea ce este greu de realizat avînd în vedere varietatea acestora şi faptul că nu funcţionează simultan.

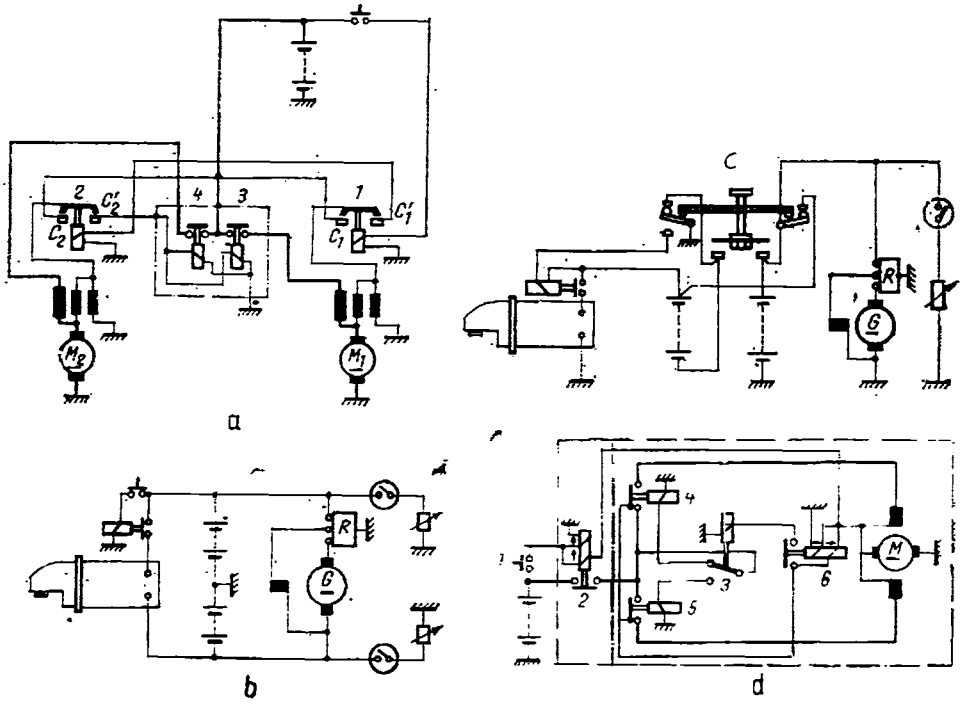


Fig. 6.2

Schema cu comutator pentru conectare serie-paralel (fig. 6.2, *c*). Această schemă funcţionează în mod normal cu bateriile de 12 V în paralel (avînd generatorul şi restul consumatorilor la 12 V), iar la pornire cu bateriile în serie (avînd demarorul la 24 V şi restul consumatorilor la 12 V). În poziţia de repaus comutatorul conectează între ele borncle de aceeaşi polaritate ale bateriei (plus cu plus şi minus cu minus), iar la pornire se desfac aceste legături şi se leagă între ele bornele de polaritate diferită (plus cu minus).

Demaroare pendulare. Demarorul pendular roteşte coroana volantului succesiv în ambele sensuri, acumulînd energie cinetică pînă cînd se realizează pornirea (fig. 6.2, *d*).

La închiderea întreruptorului de pornire *1* este alimentată înfăşurarea electromagnetului *2*, care determină prin intermediul unei pîrghii cuplarea pinionului demarorului cu coroana volantului. La sfîrşitul cursei se închid contactele electromagnetului şi este alimentată înfăşurarea contactului

principal *4* prin intermediul comutatorului magnetic *3*, care are contactele închise. În felul acesta este alimentată una din înfăşurările de excitaţie şi demarorul începe să se rotească într-un sens. După pornire, crescînd tensiunea de alimentare a înfăşurării de tensiune a contactorului *6* este închis circuitul care alimentează înfăşurarea comutatorului magnetic *3*, care îşi schimbă poziţia contactelor, alimentînd înfăşurarea contactorului principal *5*. Ca urmare se întrerupe alimentarea unei înfăşurări de excitaţie şi se închide circuitul de alimentare al celeilalte înfăşurări de excitaţie, ceea ce face ca demarorul să îşi modifice sensul de rotaţie. Prin creşterea presiunii în cilindrii motorului înainte de punctul mort superior creşte cuplul rezistent şi o dată cu el creşte şi curentul prin înfăşurarea de curent *6*, ceea ce determină deschiderea contactelor acestui contactor. Rezultă întreruperea circuitului înfăşurării comutatorului *3* ale cărui contacte închid circuitul celuilalt contactor principal *4* şi deci circuitul de alimentare al celeilalte înfăşurări de excitaţie. Procesul se repetă pînă cînd motorul porneşte.

Demaroare cu inerţie. Aceste demaroare cuprind un motor electric care antrenează un volant a cărui mişcare este transmisă prin intermediul unui mecanism de roţi dinţate şi al unui ambreiaj cu fricţiune la pinion. Pinionul demarorului este cuplat cu roata dinţată a volantului motorului numai după ce volantul demarorului a acumulat o anumită energie cinetică.

Aceste demaroare permit o reducere a greutăţii motorului electric, a bateriei şi a generatorului, în schimb necesită o construcţie complicată în special a angrenajelor reductoare.

Sisteme de pornire automatizate. În afară de sistemele de pornire electrică amintite mai sus, în ultimul timp se utilizează automatizarea pornirii autovehiculelor pe autoturismele de lux. Dintre aceste sisteme amintim : sistemul de pornire cu dispozitiv automat de comandă simultan cu închiderea circuitului de aprindere ; sistemul de pornire cu dispozitiv automat de comandă cu accelerare şi sistemul de pornire cu dispozitiv automat de comandă cu ajutorul ambreiajului.

Menţionăm că aceste sisteme sînt încă în fază de început, întrucît necesită scheme complicate şi sînt scumpe.

6.2. MĂRIMI CARACTERISTICE PRINCIPALE ALE SISTEMULUI DE PORNIRE

Principalele mărimi caracteristice ale sistemelor de pornire care interesează, în afară de cele amintite la sistemele de alimentare, sînt următoarele :

Tensiunea de pornire U_p este tensiunea la bornele demarorului în timpul pornirii motorului termic. Această tensiune se alege de obicei egală cu $0{,}5 \cdots \ldots 0{,}75\,U_N$. În cazul folosirii releelor pentru demaror contactele acestora se închid cînd tensiunea este mai mare sau egală cu tensiunea prescrisă

pentru conectare ($U_c = 0{,}6 \cdots 0{,}8\ U_N$) şi se deschid cînd tensiunea scade sub valoarea prescrisă pentru tensiunea de deconectare ($U_d = 0{,}25 \cdots 0{,}4 U_N$).

Turaţia de pornire n_p numită şi turaţia de aprindere — reprezintă turaţia cea mai mică a arborelui cotit necesară pentru aprinderea amestecului de combustibil din cilindri şi realizarea pornirii motorului. Se ia în considerare temperatura limită admisă pentru pornire.

Cuplul de pornire M_p numit şi moment de pornire — reprezintă cuplul rezistent al motorului, care trebuie învins la rotirea arborelui cotit pentru pornirea acestuia. Se ia în considerare temperatura limită admisă pentru pornire.

Cuplul de pornire trebuie deosebit de *cuplul de rupere*, întrucît cuplul de rupere este cuplul necesar pentru trecerea de la starea de repaus la cea de începerea rotirii, pe cînd cuplul de pornire este cuplul necesar pentru asigurarea aprinderii continue.

Puterea nominală P_N a unui demaror este puterea dezvoltată de demaror la tensiunea şi turaţia impusă, corespunzătoare temperaturii normale a bateriei (+20°C). Tensiunea la bornele demarorului se alege ţinînd seama de tensiunea nominală, capacitatea şi starea de încărcare a bateriei de acumulatoare, precum şi de căderile de tensiune în circuitul de alimentare, iar turaţia trebuie să fie egală sau mai mare decît turaţia corespunzătoare puterii maxime a demarorului.

Puterea de pornire P_{pd} este puterea dezvoltată de demaror la turaţia şi tensiunea de pornire, corespunzătoare temperaturii limită admisă pentru pornire.

Tensiunea de scurtcircuit U_k a demarorului — reprezintă tensiunea la bornele demarorului atunci cînd acesta în stare blocată este alimentat, printr-un circuit de alimentare echivalent cu cel de pe autovehicul, de la baterie avînd capacitatea şi starea de încărcare prescrisă (spre exemplu căderea de tensiune în circuitul de alimentare de 0,08 U_N şi bateria încărcată 1/2 sau 3/4).

Curentul de scurtcircuit I_k numit şi curent de frînare—reprezintă curentul absorbit de demaror în stare blocată atunci cînd este alimentat în condiţiile prescrise.

Cuplul de scurtcircuit M_k — reprezintă cuplul produs de demaror în stare blocată corespunzător curentului de scurtcircuit.

Raportul de transmisie K_d de la demaror la motor reprezintă raportul dintre numărul de dinţi ai coroanei volantului motorului Z_m şi numărul de dinţi ai pinionului demarorului Z_d

$$k_d = \frac{Z_m}{Z_d}. \tag{6.1}$$

Menţionăm că *temperatură limită* este tempratura minimă la care se prescrie a se face pornirea. Ea variază după tipul autovehiculului şi locul de utilizare.

6.3. ADAPTAREA SISTEMELOR DE PORNIRE PE AUTOVEHICULE

6.3.1. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ TURAȚIA ȘI CUPLUL DE PORNIRE ALE MOTOARELOR

Turația minimă necesară pentru pornire depinde în mare măsură de tipul motorului termic.

În cazul *motoarelor cu carburator* turația necesară pentru pornire depinde de caracteristicile sistemului de aprindere, ale pompei de benzină și ale carburatorului, precum și de temperatura motorului în timpul pornirii.

La sistemele de aprindere de la baterie, se obține tensiunea necesară pentru producerea scînteilor încă de la turații scăzute. Limita inferioară a turației de pornire este determinată de buna funcționare a pompei de benzină și a carburatorului. În condiții medii de pornire, la temperaturi ale mediului ambiant de $0 \cdots 5°C$ se poate considera $n_p = 40 \cdots 70$ rot/min. În cazul folosirii unui magnetou fără accelerator de pornire, limita inferioară a turației de pornire trebuie considerată mai mare, întrucît tensiunea necesară pentru producerea scînteilor se obține numai de la o valoare mare a turației corespunzătoare la $n_p = 100 \cdots 200$ rot/min. Prin folosirea acceleratoarelor de pornire la magnetouri turația de pornire scade la $n_p = 30 \cdots 40$ rot/min.

Sistemul de alimentare cu combustibil influențează de asemenea, asupra turației de pornire. Dacă pompa de benzină are capacitate redusă la pornire camera flotorului începe să se golească progresiv și este îngreunată punerea în funcțiune a motorului. De asemenea la turații scăzute vidul în carburator este mic și amestecul necesar al combustibilului nu se poate menține.

La temperaturi scăzute, amestecul care pătrunde din carburator în cilindrii motorului, vine în contact cu pereți reci ai cilindrilor, din care cauză o parte din vaporii de benzină conținuți în amestec se condensează sub formă de picături și amestecul devine mai sărac.

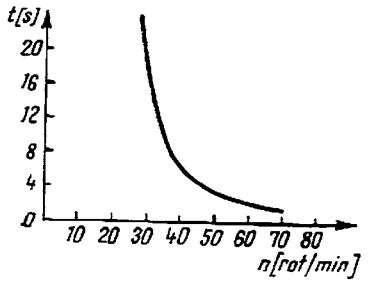
În cazul motoarelor *cu injecție* turația necesară pentru pornire depinde de construcția pompei de injecție, de temperatura din interiorul cilindrilor în momentul injectării combustibilului și de temperatura ambiantă.

Turația necesară pentru pornire depinde de funcționarea pompei de injecție, întrucît la turație mică presiunea produsă de aceasta poate să fie insuficientă pentru a determina pulverizarea combustibilului injectat.

După cum se știe, la motoarele Diesel datorită gradului de compresie ridicat, la finele cursei de compresie, aerul se încălzește pînă la o temperatură ridicată, care produce autoaprinderea amestecului de combustibil injectat. Temperatura aerului comprimat depinde de turație. Dacă turația este mică la pornire, aerul comprimat se va răci prin conductibilitatea cilindrilor

și astfel pornirea motorului este mult îngreuiată. Pentru a ridica temperatura din cilindri, la unele motoare cu injecție se utilizează dispozitive auxiliare pentru încălzire numite bujii incandescente. Cu cît temperatura mediului ambiant este mai mică, cu atît este necesară o turație de pornire mai mare, iar cînd temperatura scade sub zero grade pornirea este mult îngreuiată.

La temperatura de zero grade, turația necesară pentru pornire este pentru motoarele cu injectare directă $n_p = 100 \cdots 120$ rot/min, pentru motoarele cu antecameră și bujii incandescente $n_p = 80 \cdots 100$ rot/min și pentru motoarele cu antecameră fără bujii incandescente $n_p = 100 \cdots 200$ rot/min. Aceste valori sînt informative și depind în mare măsură de tipul motorului.



F.g. 6.3

Trebuie să arătăm că există o legătură între durata procesului de pornire și turația de pornire (fig. 6.3). Cu cît turația de pornire este mai mare cu atît durata este mai redusă. Durata necesară pentru pornire la o turație suficientă este de obicei $3 \cdots 8$ s.

Cuplul necesar pentru pornire M_p determinat de cuplul rezistent al motorului depinde de două componente : o componentă funcție de gradul de compresie M_c și o componentă funcție de frecare M_f

$$M_p = M_c + M_f. \tag{6.2}$$

Cuplul rezistent datorit compresiei este mult mai mare la motoarele cu injecție decît la cele cu carburator, întrucît gradul de compresie al acestora este mai ridicat. Cuplul rezistent variază în cursul unei rotații a arborelui motorului și este maxim la sfîrșitul cursei de compresie (fig. 6.4, *a* pentru motoare monocilindrice și fig. 6.4, *b* pentru motoare policilindrice). Variația este mai pronunțată la motoarele cu un cilindru decît la cele policilindrice. Cuplul datorit compresiei nu depinde de temperatură.

Cuplul rezistent datorit frecărilor depinde în special de frecările la pereții cilindrilor, în lagărele arborelui cotit și bielei, precum și în sistemele auxiliare (pompe, distribuție etc.). Cuplul de frecare M_f are o componentă constantă M_{f0}, care corespunde frecării uscate și o componentă variabilă M_{fv}, care corespunde frecării umede

$$M_f = M_{f0} + M_{fv}\ (s,\ \nu^{\alpha},\ n^{\beta}) \tag{6.3}$$

unde : s reprezintă aria suprafețelor de contact ; ν — viscozitatea cinematică ; n — turația motorului ; α și β — coeficienți constanți.

Viscozitatea cinematică depinde de tipul uleiului folosit și de temperatura lui. Viscozitatea uleiurilor crește o dată cu scăderea temperaturii, astfel încît cuplul de pornire crește (în special iarna).

În fig. 6.5 este arătată dependența cuplului de frecare al motorului în funcție de turație și de temperatură pentru un anumit ulei. Din curbe rezultă următoarele : la turația zero, cuplul inițial practic este independent de temperatură. Aceasta se explică prin faptul că la motorul oprit, uleiul nu vine în contact cu suprafețele de frecare, astfel că în primul

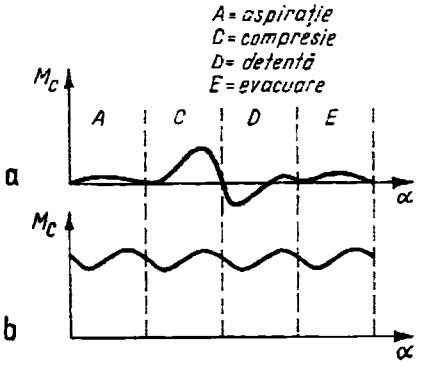


Fig. 6.4

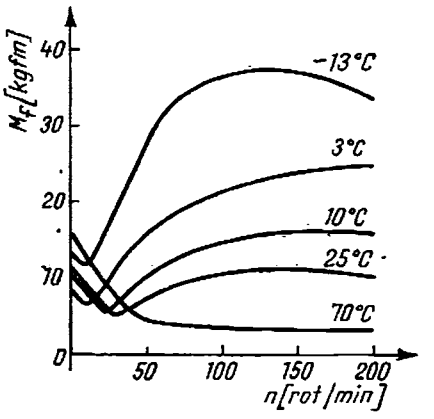


Fig. 6.5

moment avem practic o alunecare uscată. Imediat ce arborele cotit s-a mișcat, uleiul pătrunde între suprafețele de frecare și micșorează frecarea. La o viteză oarecare de rotație se formează o peliculă stabilă de ulei între suprafețele de contact și frecarea are loc între numai particulele uleiului (minimele curbelor). Dacă viteza de rotație crește, în general frecarea crește și cuplul rezistent crește.

Se observă că valoarea cuplului rezistent pentru o anumită turație crește cînd temperatura scade. La temperaturi sub zero grade cuplul rezistent crește foarte mult. Se observă un maxim al curbelor cuplului rezistent în funcție de turație, care se explică prin faptul că la turații ridicate datorită încălzirii uleiului, viscozitatea acestuia scade și o dată cu aceasta scade frecarea.

6.3.2. DETERMINAREA CUPLULUI ȘI TURAȚIEI DE PORNIRE

Pentru alegerea și verificarea adaptării corecte a instalației de pornire este necesar să se determine cuplul mediu rezistent al motorului termic la pornire. În prealabil trebuie să se cunoască condițiile impuse privind

temperatura limită de pornire. De obicei în cazul motoarelor cu carburator se prescrie pornirea la temperaturi de $-10 \cdots -18$°C (pentru țările europene -10°C). În cazul motoarelor cu injecție limita de pornire fără preîncălzire este cuprinsă între -5 și 0°C.

La stabilirea temperaturii minime trebuie să se aibă în vedere și faptul că cu cît temperatura este mai scăzută cu atît costul instalației demaror plus baterie este mai ridicat. Spre exemplu costul instalației de pornire pentru -18°C este cu aproximativ 50% mai scump decît costul instalației pentru -10°C.

Determinarea cuplului de pornire se poate face prin calcul sau pe bază de încercări.

Calculul simplificat al cuplului de pornire se bazează pe relația

$$M_p = C \cdot V \cdot k \tag{6.4}$$

unde : C este coeficientul de volum ; V — capacitatea cilindrică totală a motorului ; k — coeficientul de viscozitate.

Coeficientul de volum C reprezintă cuplul rezistent la pornire raportat la capacitatea cilindrică a motorului, pentru o anumită viscozitate a uleiului (de referință). Acest coeficient are o valoare care depinde de tipul motorului, de capacitatea cilindrică și de numărul de cilindri. Spre exemplu utilizînd ulei cu viscozitate de 2000 cSt pentru motoare cu carburator cu capacitatea $0{,}6 \cdots 100$ l se consideră $C = 6{,}5 \cdots 1{,}5$ kgfm/l, iar pentru motoare cu injecție cu capacitatea $1 \cdots 200$ l se consideră $C = 10 \cdots 2$ kgfm/l pentru număr de cilindri >4. În fig. 6.6 este arătată dependența coeficientului de volum de capacitatea cilindrică pentru astfel de motoare.

Pentru motoare cu unu și doi cilindri, datorită gradului de compresie mai ridicat, este necesar să se ia în considerare coeficienți de volum mai mari.

Coeficientul de viscozitate k reprezintă raportul între cuplul de pornire pentru uleiul utilizat și cuplul de pornire pentru ulei cu viscozitatea de referință. Valoarea coeficientului variază în funcție de viscozitatea uleiului (fig. 6.7). La rîndul său viscozitatea uleiului depinde de tipul acestuia și de temperatură.

Determinarea cuplului de pornire pe bază de măsurări. Se obișnuiește ca această determinare să se facă pe calc indirectă antrenînd motorul cu un demaror și măsurînd curentul absorbit de acesta. Cunoscînd caracteristica cuplu în funcție de curent a demarorului se poate determina cuplul de pornire M_p al motorului cu relația

$$M_p = M_{pd} \cdot k_d \cdot \eta_{tr}, \tag{6.5}$$

în care : M_{pd} reprezintă cuplul la pornire al demarorului ; k_d — raportul de transmisie și η_{tr} — randamentul transmisiei. În cazul măsurărilor pentru adaptarea sistemului de pornire, nu este necesar să se cunoască

randamentul angrenajului, întrucît interesează direct cuplul de pornire al demarorului.

Deoarece cuplul motorului nu este constant în timp, ci variabil datorită compresiilor periodice, variațiile curentului sînt înregistrate cu un oscilograf. Pentru calcule se ia în considerare valoarea maximă a curentului și deci a cuplului demarorului. Temperatura uleiului motorului se măsoară

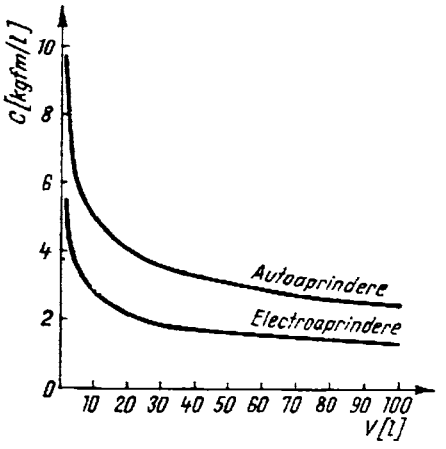


Fig. 6.6

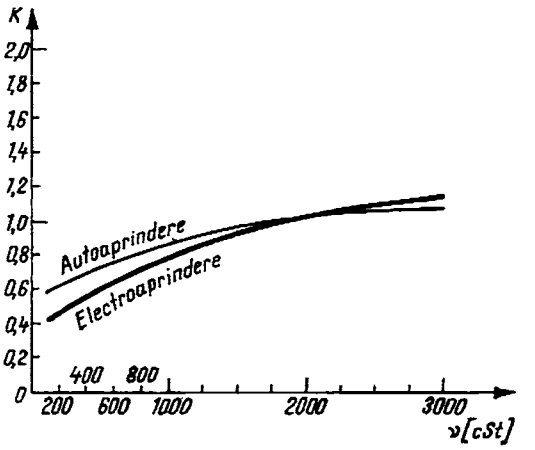


Fig. 6.7

direct cu un termometru în baia de ulei sau indirect cu un termocuplu fixat pe blocul motorului.

Determinarea turației de pornire pe bază de măsurări. Neuniformitățile procesului de rotire nu permit măsurarea turației cu un tahometru normal. Pentru a putea stabili turația în fiecare moment al acestui proces se utilizează metoda oscilografică, care folosește un emițător de impulsuri montat pe arborele cotit al motorului sau pe ventilatorul dinamului. Turația se determină cu relația

$$n = \frac{N_n}{N_t} \cdot k \tag{6.6}$$

unde : N_n reprezintă numărul de impulsuri emise funcție de turație (de ex. 20 impulsuri pe rotație) ; N_t — numărul de impulsuri de timp (de ex. 50 impulsuri pe secundă) și k — factorul de transformare.

Determinarea turației de pornire se poate face și pe cale indirectă antrenînd motorul cu un demaror, avînd caracteristicile cunoscute și măsurînd curentul absorbit de acesta. Din caracteristica turație funcție de curent

se poate deduce turația la pornire a demarorului n_{pd} și cu ajutorul raportului de transmisie k_d se află turația de pornire a motorului n_p

$$n_p = \frac{1}{k_d} n_{pd}. \tag{6.7}$$

6.3.3. ALEGEREA DEMARORULUI ȘI RAPORTULUI DE TRANSMISIE LA DEMAROR

Cunoscînd cuplul și turația de pornire a motorului termic, sau din măsurări indirecte valorile corespunzătoare pentrul cuplul și turația demarorului, se poate determina puterea la pornire

$$P_{pd} = \frac{M_p \cdot n_p}{\eta_{tr} \cdot 716{,}2} = \frac{M_{pd} \cdot n_{pd}}{716{,}2}; \tag{6.8}$$

în această relație P_{pd} se exprimă în CP, M_p respectiv M_{pd}, în kgfm și n_p respectiv n_{pd}, în rot/min.

Alegerea demarorului se poate face cu ajutorul puterii necesare la pornire ținînd seama de următoarele recomandări :

— Pentru motoare cu carburator pînă la 0,600 l se folosesc dinam — demaroare de 12 V, pînă la 5 l demaroare cu cuplare prin inerție sau cuplare forțată de 12 V, pînă la 5 l demaroare cu cuplare forțată sau cuplare electromagnetică de 12 V și peste 15 l demaroare cu cuplare electromagnetică sau demaroare speciale de 24 V.

— Pentru motoare cu injecție pînă la 5 l se folosesc demaroare cu cuplare forțată și cuplare electromagnetică de 12 V, iar peste 5 l demaroare cu cuplare electromagnetică sau demaroare speciale de 24 V.

Se obișnuiește uneori ca pentru alegerea demarorului și a bateriei să se utilizeze diagrame cu domenii ale turațiilor funcție de cuplu, pentru diferite tipuri de demaroare și capacități ale bateriilor. Astfel, diagramele din fig. 6.8 sînt stabilite pentru o temperatură a mediului ambiant de —10°C, pentru o stare de încărcare a bateriei de 75% și pentru o cădere de tensiune de-a lungul conductelor de 4%, corespunzătoare curentului de scurtcircuit.

Punctul de funcționare al demarorului se poate determina prin intersecția caracteristicilor cuplu funcție de turație ale demarorului și ale motorului. Pentru a putea suprapune diagramele este necesar ca turația n_d și cuplul M_d ale demarorului să fie raportate la arborele motor

$$n'_d = \frac{1}{k_d} n_d; \tag{6.9}$$

$$M'_d = M_d \cdot k_d \cdot \eta_{tr}. \tag{6.10}$$

Din fig. 6.9 se vede că cu cît capacitatea creşte cu atît se poate asigura pornirea la temperaturi mai mici. De asemenea pe măsura creşterii temperaturii creşte şi turaţia de pornire.

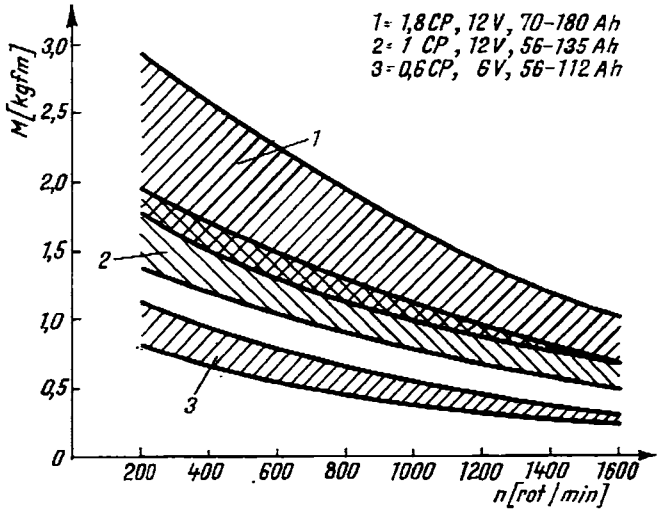


Fig. 6.8

Alegerea raportului de transmisie se poate face prin stabilirea în prealabil, pe baza cuplului şi turaţiei de pornire, a tipului de demaror la care se cunosc caracteristicile. Raportul de transmisie optim corespunde raportului dintre turaţia demarorului la puterea maximă $n_{d\,max}$ şi turaţia de pornire minimă a motorului n_p

$$k_d = \frac{n_{d\,max}}{n_p}. \qquad (6.11)$$

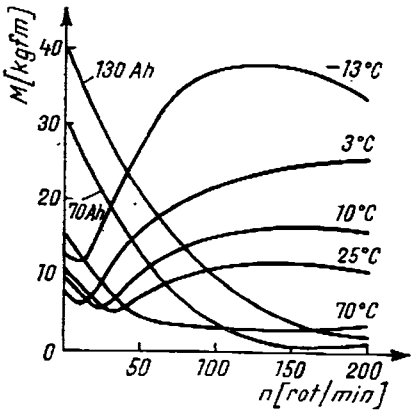


Fig. 6.9

Turaţia demarorului corespunzătoare puterii maxime se determină din caracteristicile demarorului. La unele demaroare mari, la care solicitările termice au valori importante, se prescrie numai o anumită încărcare respectiv nu se admite ca acestea să lucreze la puterea maximă. În acest caz raportul optim se determină din cuplul rezistent la pornire al motorului M_p raportat la cuplul admis la pornire al dema-

rorului $M_{pd\ adm}$

$$K_d = \frac{M_p}{M_{pd\ adm}}. \tag{6.12}$$

Din motive constructive (numărul dinților, diametrul pinionului și al coroanei etc.) nu se poate alege întotdeauna un raport optim și în acest caz se admite o abatere de 20% care poate fi compensată prin mărirea capacității bateriei.

6.3.4. ALEGEREA BATERIEI ȘI A CONDUCTELOR DE ALIMENTARE A DEMARORULUI

Determinarea mărimii bateriei. Avînd ales tipul demarorului se pot cunoaște familiile de curbe caracteristice ale acestuia pentru baterii cu diferite capacități (fig. 6.10).

Corespunzător cuplului M_p și turației n_p de pornire, care determină punctul de funcționare, rezultă o anumită caracteristică turație funcție

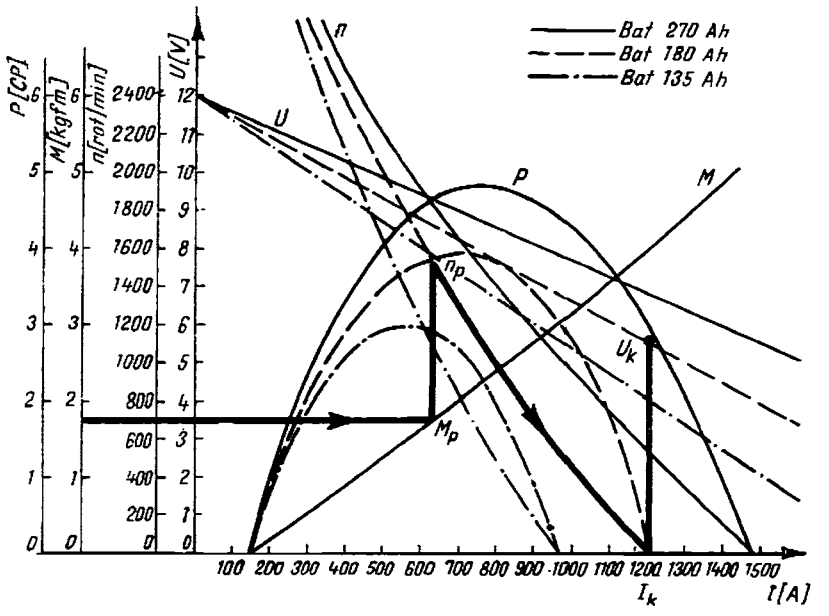


Fig. 6.10

de curent a demarorului. Pentru această caracteristică corespunde un anumit curent de scurtcircuit I_k, iar de pe caracteristica tensiune la bornele demarorului funcție de curent o anumită tensiune de scurtcircuit U_k.

Considerăm că valoarea căderii de tensiune ΔU_k pe conductele de legătură la demaror nu depăşeşte 8% din tensiunea nominală pentru temperatura de +20°C. Pe măsură ce temperatura scade căderea de tensiune pe conductele de legătură trebuie să fie mai mică şi anume la 0°C de aproximativ 7% şi la −18°C de aproximativ 6%.

Tensiunea la bornele bateriei corespunzătoare curentului de scurtcircuit al demarorului va fi

$$U_{bk} = U_k + \Delta U_k. \tag{6.13}$$

Considerînd că caracteristica tensiune funcţie de curent a bateriei este liniară (fig. 6.11), putem determina valoarea curentului bateriei la scurtcircuit I_{bk}

$$I_{bk} = \frac{I_k \cdot U_N}{U_N - U_{bk}}. \tag{6.14}$$

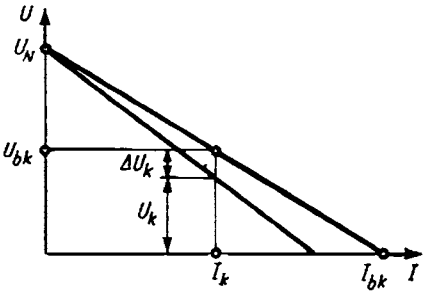


Fig. 6.11

Pentru a determina capacitatea necesară a bateriei de acumulatoare, considerăm cunoscută valoarea curentului specific, care după cum s-a arătat are o valoare practic constantă pentru bateriile care fac parte din aceeaşi categorie. Rezultă valoarea capacităţii bateriei

$$C_{20} = \frac{I_{bk}}{i_{bk}}. \tag{6.15}$$

Determinarea secţiunii conductei de alimentare a demarorului. Determinarea secţiunii conductei de alimentare se face pornind de la căderea de tensiune între bateria U_b şi demaror U_d corespunzătoare punctului de funcţionare al demarorului la pornire

$$\Delta U = U_b - U_d. \tag{6.16}$$

Această cădere de tensiune se compune din căderea de tensiune la cleme (borne) ΔU_{cb}, căderea de tensiune între contacte ΔU_{ct} şi căderea de tensiune pe conductele de alimentare (legătură) ΔU_{cl}

$$\Delta U = \Delta U_{cb} + \Delta U_{ct} + \Delta U_{cl}. \tag{6.17}$$

Căderile de tensiune de trecere se pot determina cunoscînd curentul I absorbit de demaror, rezistenţele de trecere la cleme ($R_{cb} \approx 0{,}05$ mΩ)

şi la contacte ($R_{ct} \approx 0{,}15$ mΩ), precum şi numărul de cleme z_{cb}, respectiv de contacte z_{ct}

$$\Delta U_{cb} + \Delta U_{ct} = I\,(z_{cb}\,R_{cb} + z_{ct}\,R_{ct}). \tag{6.18}$$

Pe baza celor de mai sus se poate determina căderea de tensiune pe conducte ΔU_{cl} şi secţiunea conductelor s_{cl}

$$s_{cl} = \frac{I\rho l_{cl}}{\Delta U_{cl}}, \tag{6.19}$$

unde $\rho = 0{,}018\ \Omega\ \text{mm}^2/\text{m}$ reprezintă rezistivitatea conductei de cupru şi l_{cl} — lungimea conductelor.

Densitatea de curent j care rezultă

$$j = \frac{I}{s_{cl}} \tag{6.20}$$

nu trebuie să depăşească 20 A/mm² pentru conductele de cupru şi 12 A/mm² pentru conductele de aluminiu cu încărcare intermitentă.

6.4. ÎNCERCĂRILE ŞI VERIFICĂRILE SISTEMELOR DE PORNIRE

6.4.1. UTILAJE PENTRU ÎNCERCAREA ŞI VERIFICAREA SISTEMELOR DE PORNIRE

Pentru încercarea şi verificarea demaroarelor este necesar să se poată măsura în primul rînd cuplurile şi turaţiile cu o precizie suficient de bună, pentru care sînt necesare bancuri speciale. Bancul pentru încercarea sistemelor de pornire cuprinde dispozitivul pentru fixarea demaroarelor, dispozitivul de frînare, bateria cu instalaţia de încercare şi pupitrul de control.

Pentru măsurarea cuplurilor se utilizează un indicator optic sau o balanţă cu cadran circular, iar pentru măsurarea turaţiilor un tahometru mecanic sau un frecvenţmetru numeric cu celulă fotoelectrică.

Aparatura pentru verificarea sistemelor de pornire pe autovehicule. Această aparatură portabilă cuprinde un tester voltampermetric cu dispozitiv pentru măsurarea indirectă a curentului absorbit de demaror. Schema utilizată pentru măsurări este arătată în fig. 6.12.

Pentru a nu se întrerupe circuitul de alimentare a demarorului, dispozitivul de măsurare a curentului foloseşte un cleşte care formează un circuit magnetic închis în jurul conductei de alimentare. O dată cu modificarea

valorii curentului continuu al demarorului, variază permeanţa circuitului magnetic al cleştelui şi se dezechilibrează puntea de măsurare a dispozitivului, producînd o deviaţie corespunzătoare la ampermetru.

Cu ajutorul voltmetrului (prevăzut în tester) se determină tensiunea la bornele bateriei, tensiunea la bornele demarorului şi căderea de tensiune între baterie şi demaror.

Timpul de pornire la diferite temperaturi şi diferite stări de încercare ale bateriei se determină prin cronometrare. Starea de încărcare a bateriei

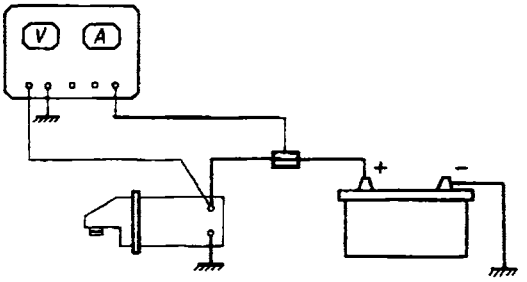


Fig. 6.12

se poate aprecia atît prin măsurarea densităţii electrolitului, la care trebuie aplicată corecţia de temperatură, cît şi prin măsurarea tensiunii în sarcină la bornele fiecărui element cu ajutorul unui voltmetru cu furcă.

6.4.2. VERIFICĂRILE SISTEMELOR DE PORNIRE PE MOTOR ŞI PE AUTOVEHICUL

Încercările sistemelor de pornire pe motor au scopul de a controla funcţionarea corectă a aparatelor în condiţii de exploatare, de a verifica adaptarea corectă şi asigurarea pornirilor în condiţiile cele mai dificile. Verificarea funcţionării aparatelor se face de obicei la temperatura ambiantă normală, în timp ce verificarea adaptării se face la temperatura limită inferioară pentru care este prevăzut a funcţiona motorul, cu bateria în starea limită de descărcare admisă (de ex. 50%).

Verificările funcţionării elementelor din sistemul de pornire se execută de obicei în timpul pornirii motorului. Verificările la pornire se fac pornind motorul cu demarorul, în timp ce conducta de aprindere este scoasă de la bobina de aprindere.

În cadrul verificărilor se fac măsurări la demaror, baterie şi cablurile de legătură, folosind dispozitivul electronic pentru măsurarea curentului. Pentru a nu avea erori de măsurare, cleştele acestui dispozitiv trebuie să fie bine închis în jurul conductorului. De asemenea trebuie să se asigure alimentarea dispozitivelor de la baterie.

Tabelul 6.1

Datele caracteristice principale ale sistemelor de pornire

Caracteristici	Tipul autovehiculului				
	SR 131	ARO 240	U 650	Dacia 1100	Dacia 1300
Tipul demarorului	2 110 (D1,2/12)	2 110 (D1,2/12)	2 120 (2D4/12)		6 187
Tipul releului demarorului	(RD 12)	(2RD 12)	—		
Raportul de transmisie la demaror	16,44	134 : 9	148 : 9	117 : 9	117 : 9
Modulul angrenajului	2,5	2,5	3		
Tipul motorului termic	cu carburator	cu carburator	cu pompă de injecție	cu carburator	cu carburator
Gradul de compresie	6,7	6,7	17	8,5	8,5
Capacitatea cilindrică totală, l	5,030	2,512	4,760	1,108	1,289
Tipul uleiului folosit iarna	SR 211 iarna	SR 211 iarna		SR 211 iarna	SR 211 iarna
Temperatura minimă de pornire, °C	—15	—15	—3		
Turația de pornire (la motor), rot/min	100	100	105	130	130
Cuplul de pornire (la demaror), kgfm	0,6—0,8	0,6—0,8	1,5	0,5	0,5
Tensiunea de pornire (la demaror), V				9,2	9,2
Capacitatea bateriei, Ah	64	64	153	45	45
Starea de încărcare a bateriei	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Tensiunea demarorului în sarcină, V	8,6	8,6	9,6	9,2	9,2
Curentul demarorului în sarcină, A	285	285	540	180	180
Turația demarorului în sarcină, rot/min	1 640	1 640	1 760	1 740	1 740
Tensiunea demarorului la scurt-circuit (frînare), V	4,95	4,95	5,5	6,8	6,8
Curentul demarorului la scurtcircuit (frînare), A	612	612	1 360	380	380
Cuplul demarorului la scurtcircuit (frînare), kgfm	1,9...2,5	1,9...2,5	4,5...6	0,95...1,5	0,95...1,5

Verificarea demarorului se face măsurînd curentul absorbit de acesta şi tensiunea la bornele lui în timpul pornirii. Dacă pentru tensiunea prescrisă curentul depăşeşte valoarea admisă, este posibil ca să existe scurtcircuite între spire sau puneri la masă, iar dacă acest curent este prea mic este posibil ca colectorul să fie uzat sau murdar, periile să fie prea uzate sau presiunea periilor prea mică.

Performanţele demaroruli depind de starea bateriei. *Verificarea bateriei* decurge astfel: se conectează voltmetrul la bornele ei şi se alimentează demarorul frînat complet (în scurtcircuit). Tensiunea bateriei nu trebuie să scadă sub 7 V pentru $U_N = 12$ V şi sub 3,5 V pentru $U_N = 6$ V.

Valorile curenţilor absorbiţi de demaror se dau de obicei pentru baterii 50% încărcate; pentru baterii încărcate complet curenţii pot fi cu 20% mai mari. Dacă bateriile sînt descărcate sau temperaturile sînt sub valoarea normală (+20°C), curenţii absorbiţi sînt mai mici. Este bine ca înainte de efectuarea verificărilor asupra demarorului, să se verifice starea de încărcare a bateriei, măsurînd cantitatea electrolitului şi eventual tensiunile pe fiecare element.

Pentru aprecierea performanţelor sistemului de pornire trebuie de asemenea *verificate căderile de tensiune* pe legături, în timp ce motorul este pornit cu demarorul. Voltmetrul se leagă între borna bateriei şi borna demarorului.

În general căderile de tensiune totale pe circuitul dus-întors de la demaror (pe conductoare, contacte şi îmbinări) nu trebuie să depăşească 8% din tensiunea nominală (respectiv 1 V pentru $U_N = 12$ V şi 2 V pentru $U_N = 24$ V).

În tabelul 6.1 sînt arătate principalele date caracteristice necesare pentru verificarea unor sisteme de pornire.

7. DEMAROARE

7.1. CLASIFICAREA DEMAROARELOR ELECTRICE PENTRU AUTOVEHICULE

În cadrul sistemelor de pornire pentru autovehicule, cele mai răspîndite sînt demaroarele electrice cu rotire într-un singur sens. Acestea sînt motoare de curent continuu prevăzute cu dispozitive de cuplare ale pinioanelor de antrenare, care trebuie să asigure la pornire cuplarea elastică cu coroana volantului şi după pornire decuplarea automată.

După cum s-a arătat la capitolul sisteme de pornire, se obişnuieşte ca demaroarele uzuale pentru autovehicule să fie clasificate după modul de cuplare utilizat în : *demaroare cu cuplare prin inerţie, demaroare cu cuplare forţată* şi *demaroare cu cuplare electromagnetică* (fig. 7.1).

Demaroarele cu cuplare prin inerţie cunoscute şi sub denumirea de demaroare Bendix, au construcţia cea mai simplă. La aceste demaroare, o dată cu rotirea arborelui se produce deplasarea axială a pinionului, datorită inerţiei proprii, prin rotire pe o bucşă filetată aşezată pe arbore. Demaroarele cu cuplare prin inerţie pot fi cu acţionare directă de la întreruptorul de pornire (fig. 7.1, *a*) sau cu acţionare indirectă prin releu (fig. 7.1, *b*).

La demaroarele cu cuplare forţată deplasarea pinionului se datoreşte mişcării unui levier cu furcă, care este acţionat mecanic printr-un sistem de pîrghii de la o pedală sau electromagnetic cu un electromagnet plasat pe demaror. Odată cu deplasarea levierului se închide şi circuitul de alimentare al demarorului. Pentru aceasta demaroarele cu acţionare mecanică cu pedală au un întreruptor simplu (fig. 7.1, *c*) sau un întreruptor dublu care poate produce şi scurtcircuitarea rezistenţei adiţionale a bobinei de aprindere la pornire (fig. 7.1, *d*). Demaroarele cu electromagnet pot avea alimentarea acestuia direct de la întreruptorul de pornire (fig. 7.1, *e*) sau prin intermediul unui releu exterior (fig. 7.1, *f*).

Demaroarele cu cuplare electromagnetică (fig. 7.1, *g*), au în stare iniţială rotorul deplasat axial faţă de stator. Cuplarea pinionului se produce odată cu conectarea demarorului, cînd rotorul se deplasează axial pînă în dreptul statorului.

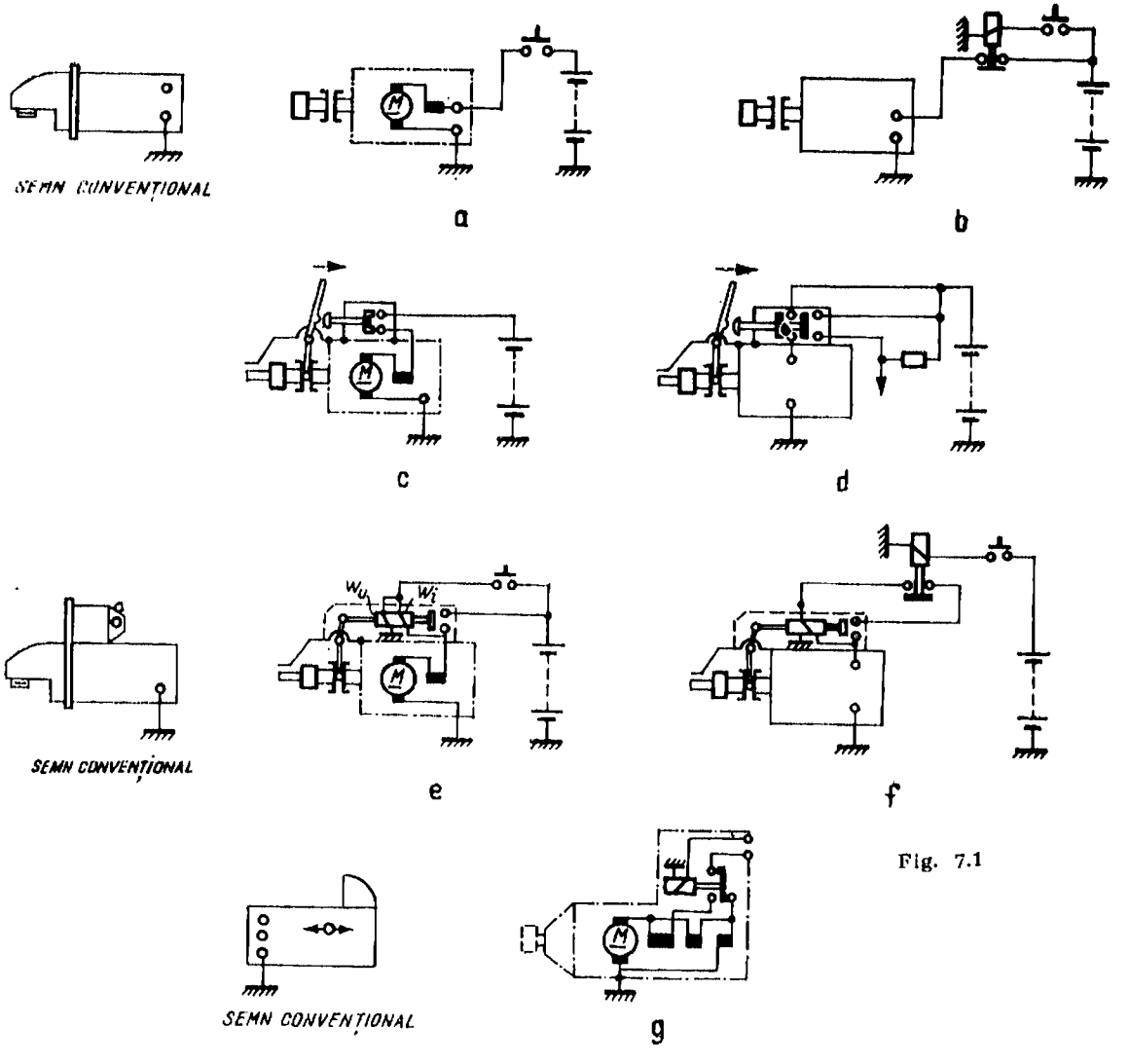

SEMN CONVENTIONAL
a
b
c
d
SEMN CONVENTIONAL
e
f
SEMN CONVENTIONAL
g

Fig. 7.1

7.1.1. DEMAROARE CU CUPLARE PRIN INERȚIE

Principalele părți componente ale dispozitivului de cuplare prin inerție sînt (fig. 7.2, *a*) : arborele rotorului *1*, arcul spiral *3* fixat la o extremitate

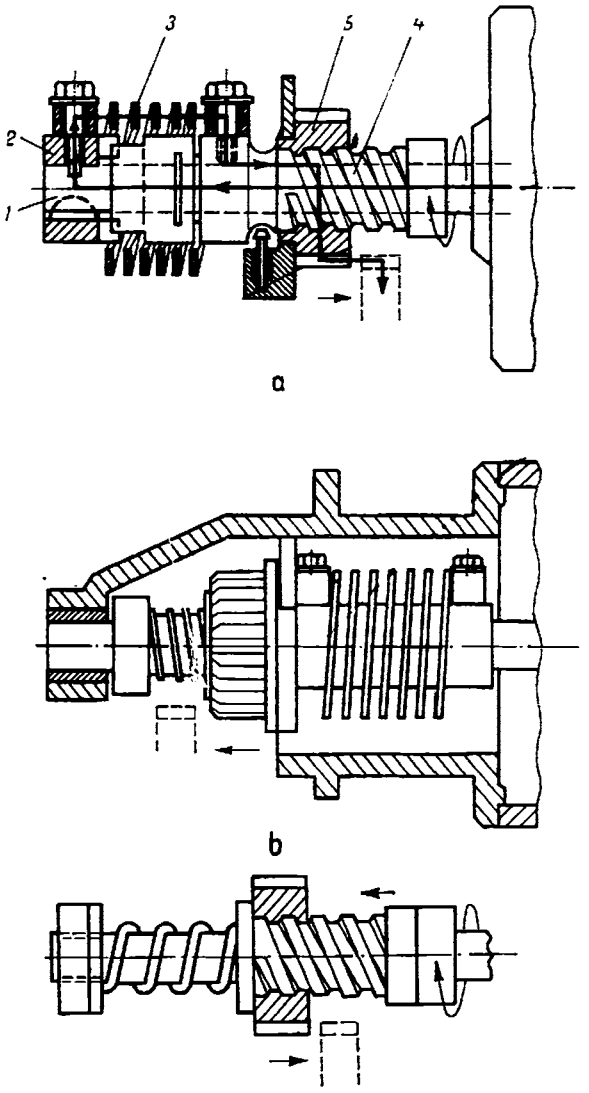


Fig. 7.2

pe arbore printr-o bucșă fixă *2*, iar la cealaltă extremitate în legătură cu bucșa filetată *4* pe care se poate deplasa liber pinionul *5*. Bucșa

filetată se poate roti pe arbore, iar la exterior are un filet dreptunghiular. La rîndul său pinionul are filet dreptunghiular la interior ceea ce îi permite deplasarea prin înşurubare. Pinionul are o contragreutate care îi măreşte momentul de inerţie şi un ştift cu arc care îl ţine depărtat de volant în timpul cînd nu se face pornirea.

Funcţionarea dispozitivului de cuplare prin inerţie este următoarea: la conectarea demarorului cînd rotorul începe să se învîrtească, pinionul datorită inerţiei sale se deplasează pe filetul bucşei filetate înspre coroana volantului. Apoi pinionul se angrenează prin înşurubare cu coroana şi mişcarea de rotaţie se transmite de la arbore prin arcul elicoidal la bucşa filetată şi de aici la pinion. Arcul elicoidal are rolul de a prelua şocurile la pornire. După pornirea motorului coroana volantului depăşeşte turaţia corespunzătoare turaţiei demarorului, încît motorul termic transmite prin volant un cuplu invers spre pinion. Acesta produce decuplarea automată a pinionului prin deplasarea lui în sens invers faţă de deplasarea de la cuplare.

După direcţia în care se deplasează pinionul, demaroarele cu cuplare prin inerţie se împart în demaroare cu deplasare spre interior (fig. 7.2, *a*) şi demaroare cu deplasare spre exterior (fig. 7.2, *b*).

În afară de dispozitivele de cuplare arătate mai sus există şi dispozitive la care arcul spiral nu lucrează la întindere, ci la compresiune, avînd rolul de tampon, în care caz nu mai serveşte la transmisiunea cuplului de pornire (fig. 7.2, *c*). La acest mecanism, arborele are caneluri de-a lungul cărora se poate deplasa bucşa filetată.

Există şi demaroare cu cuplare prin inerţie cu funcţionare în două trepte. La aceste demaroare în prima treaptă de funcţionare alimentarea demarorului se face cu ajutorul unui releu, printr-o rezistenţă care permite trecerea unui curent redus, iar în a doua treaptă de funcţionare se face alimentarea directă cu un curent normal ceea ce permite dezvoltarea cuplului puternic necesar pentru pornire.

Dispozitivele de cuplare prin inerţie se folosesc în general pentru demaroare de putere mică sub 1,5 CP. Ele prezintă avantajul că sînt foarte simple, nu necesită mecanism de mers liber pentru decuplare după pornire şi au o angrenare uşoară datorită mişcării elicoidale a pinionului. În schimb au şi unele dezavantaje şi anume nu pot transmite cupluri mari, prezintă uzuri ale dinţilor pinionului, nu cuplează bine cînd pinionul este uzat şi fac zgomot.

7.1.2. DEMAROARE CU CUPLARE FORŢATĂ

Demaroarele cu acţionare mecanică numite şi demaroare cu pedală (fig. 7.3, *a*) sînt puse în funcţiune prin sisteme mecanice de pîrghii acţionate cu pedale de către şofer. Principalele părţi componente ale dispozitivului de cuplare ale unui astfel de demaror sînt: arborele cu caneluri *1*, levierul cu furcă *2* cu piesele de conducere, bucşa levierului sau rola de conducere *3*, bucşa cu caneluri *4*, arcul elicoidal *5*, mecanismul de mers liber cu pinion *6* şi întreruptorul *7*. La rîndul său mecanismul de mers liber cuprinde: piesa profilată interioară *8* fixată pe bucşa cu caneluri, piesa cilindrică exterioară *9*

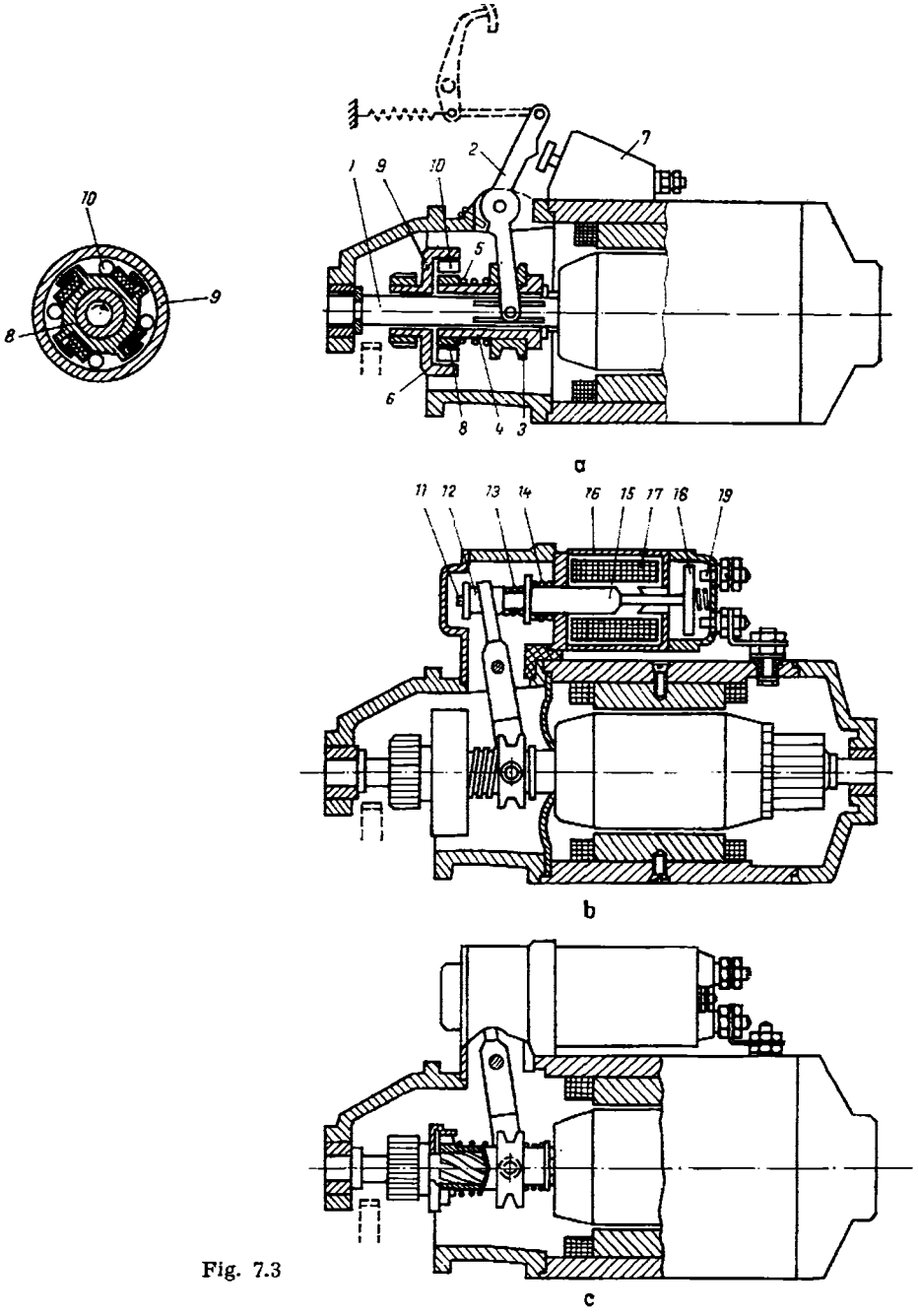


Fig. 7.3

fixată pe pinion şi rolele intermadiare *10* prevăzute cu resoarte şi căpăcele. Există şi mecanisme de mers liber la care piesa profilată este la exterior.

Funcţionarea demarorului cu pedală este următoarea : în repaus levierul avînd un arc de readucere ţine pinionul în afara coroanei volantului. La pornire levierul este acţionat mecanic de către pedală, astfel încît are o mişcare de rotaţie în jurul axului său fixat pe carcasă. Bucşa levierului comprimă arcul elicoidal şi deplasează bucşa cu caneluri o dată cu dispozitivul de mers liber şi pinionul care se cuplează cu coroana volantului. După cuplare levierul se deplasează în continuare închizînd contactele principale ale demarorului, astfel că demarorul începe să se rotească şi să dezvolte cuplul necesar pentru pornirea motorului. La decuplarea demarorului levierul aduce pinionul în poziţia de repaus.

Mecanismul de mers liber are rolul de a permite cuplarea sau decuplarea automată a pinionului (partea condusă) de arborele demarorului (partea conducătoare) în funcţie de sensul de transmitere al cuplurilor, care se schimbă după pornirea motorului. Mecanismul cu role numit şi roată liberă (fig. 7.3, *a*) este cel mai răspîndit pentru demaroarele cu cuplare forţată. În repaus rolele se pot roti liber fiind împinse de arcurile lor în spaţiile largi dintre piesa profilată şi piesa cilindrică. La pornire piesa profilată se roteşte în sensul indicat în figură, rolele sînt împinse spre spaţiile înguste comprimînd arcurile şi cuplul se transmite de la piesa profilată la piesa cilindrică. Cînd turaţia coroanei volantului depăşeşte turaţia corespunzătoare arborelui demarorului, rolele sînt împinse în spaţiile largi şi permit mersul liber al mecanismului (decuplarea).

În afară de mecanismele de mers liber cu role descrise mai sus se mai utilizează mecanisme de mers liber cu ambreiaj. Acestea asigură atît protecţia motorului electric împotriva ambalării în cazul în care acesta nu decuplează (ca la mecanismele cu role), cît şi protecţia împotriva torsionării sau ruperii arborelui cînd au loc bătăi în sens invers ale motorului termic şi împotriva supraîncărcării în cazul cînd condiţiile de pornire sînt cu totul defavorabile. Descrierea mecanismelor de mers liber cu ambreiaj se va face la demaroarele cu cuplarea electromagnetică.

Demaroarele cu pedală au o construcţie simplă, dar rezultatele din exploatarea lor depind mult de reglarea sistemului de pîrghii şi de funcţionarea mecanismului de decuplare.

Demaroarele cu electromagnet numite uneori demaroare cu „solenoid" (fig. 7.3, *b*) au levierul acţionat de tija unui electromagnet montat pe carcasă. În afara de piesele componente arătate la demarorul cu pedală, demarorul cu electromagnet mai cuprinde : tija miezului *11*, piesa de reglare *12*, arcul tijei *13*, arcul miezului *14*, miezul electromagnetului *15*, carcasa *16*, înfăşurările electromagnetului *17*, contactul mobil *18*, şi contactele fixe cu bornele *19*.

Funcţionarea demarorului cu electromagnet este următoarea : în poziţie de repaus miezul electromagnetului este împins de către arcul miezului şi prin intermediul tijei, furca ţine pinionul în stare decuplată. După închi-

derea circuitului de alimentare al înfășurării electromagnetului prin întreruptorul de pornire (plasat exterior), miezul este atras, levierul cu furcă se rotește în jurul axei sale și pinionul avansează. În cazul în care pinionul intră direct în coroana volantului, contactul mobil situat la extremitatea miezului electromagnetului închide circuitul electric principal de alimentare a demarorului. În cazul cînd un dinte al pinionului este oprit de un dinte al coroanei, arcul elicoidal al dispozitivului de cuplare se comprimă pînă cînd rotirea pinionului permite deplasarea în continuare a levierului cu furcă și a miezului care determină închiderea contactelor.

Arcul elicoidal al dispozitivului de cuplare trebuie să aibă un taraj bine determinat pentru ca electromagnetul să-l poată comprima și în același timp să evite loviturile repetate în coroană. Arcul tijei de antrenare a levierului furcii are rolul de a asigura în repaus o presiune constantă a dispozitivului de cuplaj pe arbore în timp ce autovehiculul merge, evitînd bătăile între acest dispozitiv și arbore, care ar putea duce la deteriorări. Arcul miezului este destinat pentru readucerea furcii, după ce motorul a pornit și s-a întrerupt contactul electric. Pinionul se decuplează ca urmare a efectului arcului miezului și a canelurilor elicoidale. Dacă pinionul rămîne angrenat cu coroana în timp ce motorul se învîrte, după ce s-a întrerupt circuitul prin întreruptorul de pornire, pentru a evita ambalarea rotorului, arcul tijei permite reîntoarcerea miezului în poziția inițială și ca urmare întreruperea contactelor principale. Arcul miezului se alege mai puternic decît arcul tijei.

În ceea ce privește alimentarea electromagnetului există posibilitatea de a utiliza o singură înfășurare sau două înfășurări. În ultimul caz (fig. 7.1, *e*) înfășurarea serie w_i, numită și înfășurare de atracție este conectată în paralel cu contactele și deci în serie cu înfășurările demarorului, iar înfășurarea derivație w_u numită și înfășurare de menținere este conectată între borna de alimentare a electromagnetului și masă. La pornire înfășurarea de excitație și rotorul demarorului sînt alimentate prin intermediul înfășurării de atracție a electromagnetului. Aceasta face ca rotorul demarorului să se rotească lent și în același timp să fie atras miezul electromagnetului. După închiderea contactelor electromagnetului, înfășurarea de atracție este scurtcircuitată, astfel că se aplică întreaga tensiune asupra înfășurării de excitație și rotorul demarorului se va roti mai rapid. Miezul electromagnetului continuă să fie atras de către înfășurarea de menținere, întrucît este necesară o forță mai mică de atracție. Cînd se întrerupe circuitul de alimentare al electromagnetului prin întreruptorul de pornire, înfășurările de atracție și de menținere dau cîmpuri inverse și miezul revine în poziția inițială întrerupînd contactele electromagnetului.

Din punct de vedere al modului de deplasare a pinionului deosebim demaroare cu cuplare forțată, cu deplasare rectilinie și cu deplasare elicoidală. La demaroarele cu deplasare rectilinie, pinionul are o mișcare dreaptă înspre coloana volantului, în care scop arborele și bucșa de conducere a pinionului au caneluri drepte după axa arborelui (fig. 7.3, *a*). Demaroarele cu deplasare elicoidală au arborele și bucșa de conducere cu

caneluri înclinate (fig. 7.3, *c*) asigurîndu-se prin aceasta o mai bună angrenare a pinionului cu coroana volantului. Mişcarea elicoidală (de înşurubare) la înaintarea pinionului se poate obţine şi prin funcţionarea demarorului cu cuplare forţată în două trepte, utilizînd un electromagnet cu două înfăşurări (fig. 7.1, *e*).

Demaroarele cu cuplare forţată cu levier, avînd deplasarea rectilinie se execută de obicei de 0,3...0,5 CP pentru motoare cu carburator cu capacitate cilindrică pînă la 1 l, în timp ce demaroarele cu deplasare elicoidală

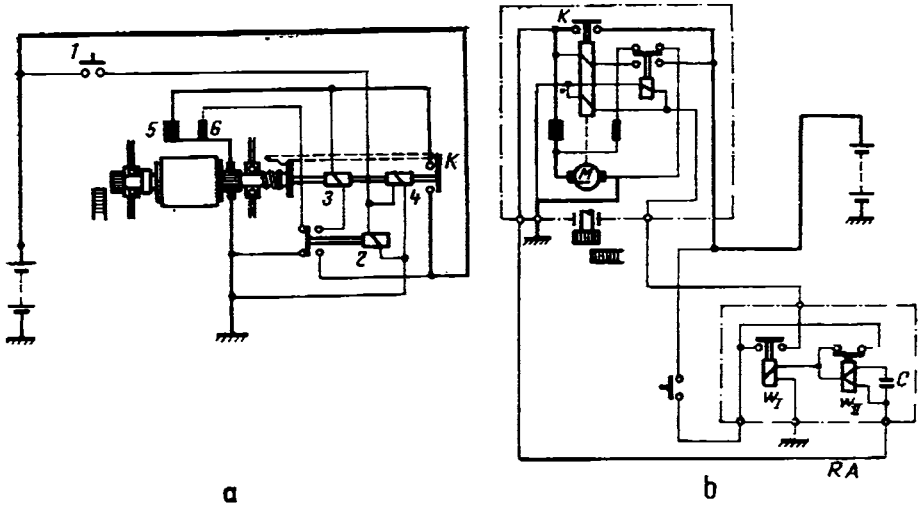


Fig. 7.4

se execută pentru puteri de 0,4...3 CP pentru motoare cu carburator cu capacitate cilindrică pînă la 10 l şi pentru motoare cu injecţie pînă la 4 l.

În cadrul demaroarelor cu cuplare forţată, în afară de deplasarea pinionului cu levier este posibil ca deplasarea să se facă cu ajutorul unei tije care trece prin mijlocul arborelui găurit al rotorului. Aceste *demaroare cu tije de deplasare* se folosec pentru motoare de putere mare şi au două trepte de funcţionare (fig. 7.4, *a*). La închiderea întreruptorului de pornire *1* este conectat releul de comandă *2*, care închide circuitul de alimentare al înfăşurării de atracţie *3* a electromagnetului de deplasare şi prin aceasta al înfăşurării de excitaţie *5* a demarorului. Ca urmare rotorul cu pinionul se deplasează cu rotire lentă. Tot în timpul primei trepte de funcţionare este alimentată şi înfăşurarea *4* astfel că electromagnetul de deplasare împinge pinionul spre coroana volantului. Puţin înainte de a se atinge poziţia finală a pinionului, în cadrul treptei a doua de funcţionare se închide contactul *K* alimentînd direct înfăşurarea de excitaţie principală *5*, astfel că acum

demarorul dezvoltă întreaga putere pentru pornirea motorului. Demarorul este protejat printr-un mecanism cu ambreiaj față de suprasarcini și supraturații ale motorului. După deconectarea întreruptorului de pornire, circuitul demarorului se întrerupe, pinionul revine în poziția inițială datorită unui arc de reținere, iar rotorul se oprește datorită înfășurării cîmpului de frînare *6*.

La sistemele de pornire cu acționare de la distanță și automată se folosesc uneori relee de repetare automată *RA* la pornire, care repetă automat procesul de pornire pînă cînd pinionul intră în coroana volantului (fig. 7.4, *b*). În cazul cînd pinionul nu se cuplează cu coroana (este în dreptul unui dinte), după ce condensatorul *C* s-a încărcat în aproximativ 3 s, înfășurarea inversă w_{II} nu mai este parcursă de curent, contactul releului w_{II} fiind întrerupt nu este alimentată nici înfășurarea releului w_I, astfel că contactele acestuia întrerup circuitul de alimentare al demarorului. Dacă întreruptorul de pornire rămîne conectat procesul de pornire se repetă automat după aproximativ 3 s (curentul de descărcare ține releul w_{II} puțin deschis). După ce pinionul a cuplat cu coroana volantului, se închide contactul *K* al întreruptorului principal, capetele înfășurărilor releului w_{II} obțin același potențial și ca urmare releul rămîne închis pînă motorul pornește.

Demaroarele cu tije de deplasare se execută pentru puteri de 10...25 CP și tensiuni de 24 V și se utilizează pentru motoare cu carburator cu capacitate cilindrică de peste 25 l și pentru motoare cu injecție cu capacitate cilindrică de peste 10 l.

7.1.3. DEMAROARE CU CUPLARE ELECTROMAGNETICĂ

Aceste demaroare se caracterîzează prin existența a două regimuri de turații ale rotorului; o rotire lentă însoțită de deplasarea axială pentru angrenarea pinionului cu coroana volantului și o rotire rapidă pentru antrenarea coroanei.

Principalele părți componente ale demaroarelor cu cuplare electromagnetică sînt: statorul, rotorul și scuturile (fig. 7.5). Statorul *1* cuprinde polii (strunjiți de obicei la două diametre diferite) pe care sînt așezate înfășurarea serie principală *2*, înfășurarea serie auxiliară *3* și înfășurarea derivație auxiliară *4*. Rotorul *5* este format din arborele cu pachetul de tole (de obicei la două diametre diferite) și înfășurarea indusului avînd într-o parte colectorul *6* cu discul opritor *7* și arcul de reducere *8* și în cealaltă parte mecanismul de mers liber *9* și pinionul *10*. Pe scutul dinspre colector *11* este fixat releul demarorului *12* cu contactul fix superior *13*, contactul fix inferior *14* și placa cu contacte mobile *15*, în legătură cu clichetul *16* cu arc. În partea opusă se află scutul spre pinion *17*.

Funcționarea demaroarelor cu cuplare forțată cuprinde două etape. La închiderea întreruptorului de pornire *BP* electromagnetul releului demaror atrage armătura cu placa cu contacte mobile, care închide numai contactul fix superior căci clichetul nu permite și închiderea celuilalt contact. Astfel sînt alimentate numai înfășurările auxiliare serie și derivație. Prin

aceasta se produce rotirea lentă însoţită de deplasarea axială a rotorului; mişcarea elicoidală care rezultă permite angrenarea pinionului cu coroana volantului.

După angrenarea cu coroana volantului, prin deplasarea rotorului clichetul este ridicat de discul opritor eliberînd placa contactelor mobile. Prin aceasta se închide şi contactul fix inferior astfel că este alimentată înfăşurarea serie principală care scurtcircuitează înfăşurarea serie auxiliară,

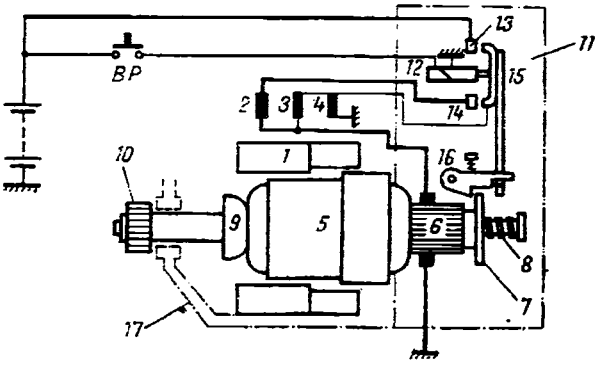


Fig. 7.5

permiţînd demarorului să-şi mărească turaţia şi să dezvolte întreaga putere. Înfăşurarea auxiliară derivaţie serveşte pentru tracţiunea axială şi pentru limitarea turaţiei de mers în gol. După întreruperea contactelor întreruptorului de pornire arcul de reducere aduce rotorul înapoi în poziţia de repaus.

Mecanismele de mers liber utilizate pentru demaroarele cu cuplare electromagnetică sînt mecanisme cu ambreiaj şi au rolul de a asigura cuplarea clasică la pornire, decuplarea după pornirea motoruiui şi protecţia împotriva şocurilor în cazul mersului neuniform al mororului.

Mecanismul cu ambreiaj numit şi cuplaj cu discuri cuprinde (fig 7.6): carcasa ambreiajului *1*, pinionul *2*, piuliţa crenelată *3*, arcul pinionului *4*, piuliţa ambreiajului *5*, discurile comandate *6*, discurile de comandă *7*, inelul cu umăr *8* şi discul elastic *9*. Carcasa ambreiajului este fixată pe arborele motorului prin intermediul unei bucşe de fixare. Pinionul se poate roti liber pe arbore, avînd la interior bucşe de bronz grafit autolubrifiante. La exterior tija pinionnlui are o porţiune cilindrică, care se roteşte în lagărul din aliaj de staniu al scutului de antrenare şi o porţiune cu filet dreptunghiular în care se înşurubează piuliţa ambreiajului. Piuliţa crenelată serveşte pentru stabilirea poziţiei de repaus a pinionului, iar arcul pinionului preia şocurile la angrenare. Piuliţa ambreiajului este prevăzută cu o rondelă de textolit pentru reazem pe scutul de antrenare şi cu arcuri pentru presarea discurilor de fricţiune. Discurile au imprimări

pentru a mări frecarea : cele comandate (din oţel) sînt antrenate de piuliţa ambreiajului avînd proeminenţe interioare, iar cele de comandă (din bronz) sînt antrenate de carcasa ambreiajului avînd proeminenţe exterioare. Între discuri şi carcasa ambreiajului se află inelul cu umăr prevăzut cu rondele de reglare şi discul elastic executat din tablă de oţel de arc.

Funcţionarea mecanismului cu ambreiaj se explică astfel : la pornire arborele transmite cuplul de antrenare prin carcasa ambreiajului la dis-

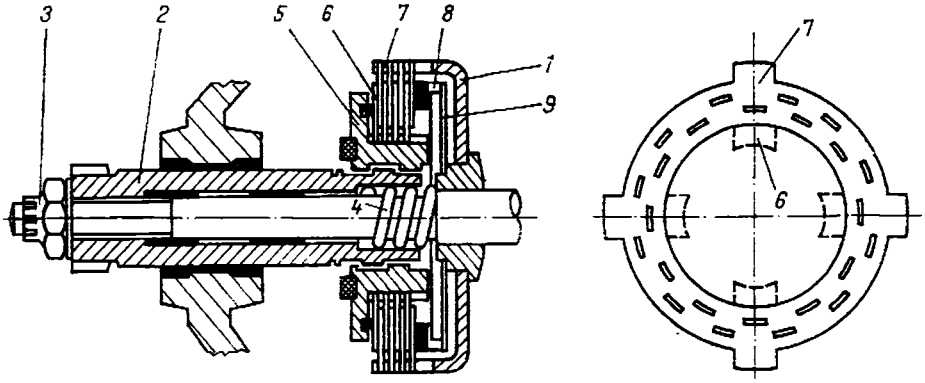


Fig.

curi. Piuliţa ambreiajului rotindu-se caută să se deşurubeze de pe pinion şi strîngînd discurile transmite mişcarea la pinion şi de aici la coroana volantului. Loviturile frontale ale pinionului sînt preluate de arcul pinionului. După pornire pinionul se învîrte mai repede decît arborele motorului şi caută să înşurubeze piuliţa ambreiajului. Prin deplasarea piuliţei presiunea între discuri scade şi pinionul patinează faţă de arbore producînd decuplarea.

În cazul unor şocuri datorită funcţionării motorului, acestea se transmit prin piuliţa ambreiajului şi inelul cu umăr la discul elastic care se îndoaie. Dacă eforturile depăşesc o anumită valoare, umărul piuliţei se opreşte în carcasa ambreiajului şi plăcile încep să patineze.

7.2. CARACTERISTICILE DE FUNCŢIONARE ALE DEMAROARELOR

Caracteristicile de funcţionare ale demaroarelor corespund caracteristicilor unor electromotoare de curent continuu cu excitaţie serie sau mixtă (avînd o înfăşurare serie principală şi o înfăşurare derivaţie auxiliară). Principalele caracteristici care interesează în funcţionare arată modul de variaţie al cuplului, turaţiei şi puterii, în funcţie de

curentul absorbit de demaroare. Uneori interesează și caracteristica mecanică cuplu funcție de turație.

Pentru stabilirea acestor caracteristici se vor utiliza schemele circuitului echivalent ale demarorului cu excitație serie (fig. 7.7, *a*) și cu excitație mixtă (fig. 7.7, *b*), în care s-au folosit notațiile : U_{eb} — tensiunea electromotoare a bateriei, U_b — tensiunea la bornele bateriei, U_d — tensiunea la bornele demarorului, ΔU_p — căderea de tensiune la perii, R_{ib} — rezistența interioară a bateriei, R_c — rezistența totală a circuitului de legă-

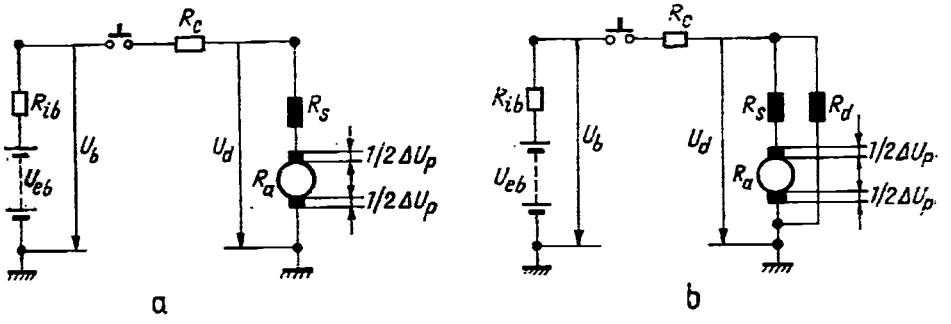


Fig. 7.7

tură între baterie și demaror (conductoare, contacte și cleme), R_s — rezistența înfășurării de excitație serie, R_d — rezistența înfășurării de exitație derivație și R_a — rezistența înfășurării indusului. Vom considera pentru calcule rezistența echivalentă corespunzătoare sumei rezistențelor din circuit (exclusiv rezistența periilor)

$$R_\Sigma = R_{ib} + R_c + R_s + R_a. \tag{7.1}$$

Caracteristica cuplu funcție de curent. Se va determina această caracteristică numai pentru motorul cu excitație serie, întrucît excitația derivație auxiliară influențează puțin această caracteristică. De asemenea considerăm că fluxul de reacție al indusului nu influențează sensibil asupra fluxului principal. Fluxul principal Φ este produs de curentul I, care străbate înfășurarea de excitație și care în cazul motorului serie este același cu curentul din indus.

Folosind formula de aproximație a curbei de magnetizare în care b_1 și c sînt constante (v. relația 3.2 și 3.3) putem scrie

$$\Phi = \frac{I}{b_1 + cI} \tag{7.2}$$

Cuplul dezvoltat de motor are expresia

$$M = k_m \Phi I = k_m \frac{I^2}{b_1 + cI} \cdot \tag{7.3}$$

Reprezentarea grafică a acestei caracteristici este arătată în fig. 7.8. Pentru valori mici ale curenților demarorului ($b_1 \gg cI$) cuplul variază proporțional cu pătratul acestora, ceea ce determină o curbură inițială a caracteristicii. Pentru valori mari ale curenților demarorului ($b_1 \ll cI$) avem o dependență practic liniară între cuplu și curent.

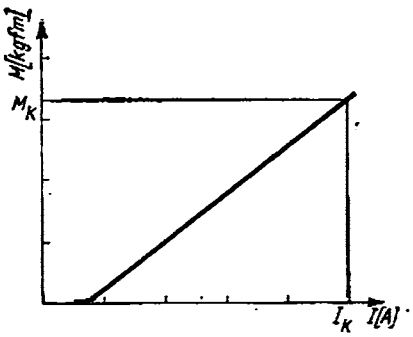


Fig. 7.8

Interesează în mod deosebit valoarea cuplului maxim, care se obține în stare blocată. Pentru acest regim de scurtcircuit curentul I_k are expresia

$$I_k = \frac{U_{eb} - \Delta U_p}{R_\Sigma} \cdot \tag{7.4}$$

Din relația (7.3) pentru $b_1 \ll cI$ rezultă

$$M_k \approx \frac{k_m}{c} \frac{U_{eb} - \Delta U_p}{R_\Sigma} \cdot \tag{7.5}$$

Se observă că valoarea cuplului de scurtcircuit scade atunci cînd crește valoarea rezistențelor din circuitul demarorului. O influență deosebită o are bateria de acumulatoare a cărei rezistență crește la temperaturi scăzute (iarna).

Caracteristica turație în funcție de curent. Se va determina această caracteristică atît pentru demarorul cu excitație serie cît și pentru demarorul cu excitație mixtă.

Pentru demarorul cu excitație serie avem următoarea realație între tensiunea electromotoare a bateriei, tensiunea electromotoare indusă de rotor și căderea de tensiune din circuit

$$U_{eb} = U_e + \Delta U_p + R_\Sigma I. \tag{7.6}$$

Pe de altă parte tensiuea electromotoare a demarorului depinde de fluxul principal și de turație

$$U_e = k_e n \Phi. \tag{7.7}$$

Înlocuind această valoare și ținînd seama de formula de aproximație a fluxului rezultă expresia turației

$$n = \frac{(U_{eb} - \Delta U_p - R_\Sigma I)(b_1 + cI)}{k_e I} = \frac{c(U_{eb} - \Delta U_p) - b_1 R_\Sigma}{k_e} + \\ + \frac{b_1 (U_{eb} - \Delta U_p)}{k_e I} - \frac{c R_\Sigma}{k_e} I . \tag{7.8}$$

Din expresia turației rezultă că odată cu scăderea rezistenței echivalente a circuitului și a căderilor de tensiune la perii turația crește. Rezultă că la temperaturi scăzute unde rezistența internă a bateriei de acumulatoare este mare, caracteristica turației în funcție de curent se înrăutățește. Se observă de asemenea că odată cu scăderea valorii curentului, turația demarorului crește. Teoretic pentru un curent nul turația trebuie să devină infinită. Practic turația de mers în gol este limitată datorită pierderilor prin frecare și magnetismului remanent.

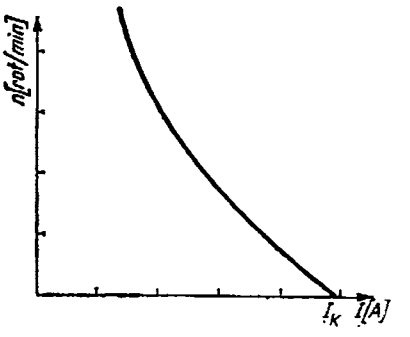


Fig. 7.9

Pentru limitarea turației de mers în gol, care poate să producă deteriorarea elementelor rotitoare ale demarorului, se obișnuiește să se utilizeze o înfășurare de excitație derivație auxiliară. În cazul acestui demaror cu excitație mixtă pentru determinarea caracteristicii turație în funcție de curent este necesar ca în expresia fluxului principal să se țină seama, în afară de solenația produsă de curentul din înfășurarea serie principală și de solenația produsă de curentul din înfășurarea derivație auxiliară.

Solenația rezultată se poate exprima prin

$$\theta_e = w_s I + w_d \frac{U_d}{R_d}, \tag{7.9}$$

unde : w_s și w_d reprezintă numărul de spire ale înfășurărilor de excitație serie respectiv derivație și R_d — rezistența înfășurării de excitație derivație. Înlocuind în formula de aproximație a fluxului (v. relația (3.2)) obținem

$$\Phi = \frac{w_s I + w_d \dfrac{U_d}{R_d}}{b + c\left(w_s I + w_d \dfrac{U_d}{R_d}\right)} \tag{7.10}$$

și expresia turației

$$n = \frac{(U_{eb} - \Delta U_p - R_\Sigma I)\left[b + c\left(w_e I + w_d \frac{U_d}{R_d}\right)\right]}{k_e\left(w_e I + w_d \frac{U_d}{R_d}\right)}. \qquad (7.11)$$

Rezultă valoarea turației de mers în gol ideal care se obține pentru $I \to 0$ și $U_{eb} = U_d$

$$n_0' = \frac{b R_d + c w_d U_d}{k_e w_d}. \qquad (7.12)$$

Se observă că turația de mers în gol ideal scade cînd scade rezistența înfășurării derivație.

În fig. 7.9 este arătată caracteristica turației funcție de curent pentru demarorul cu excitație mixtă.

Caracteristica puterii în funcție de curent. Pentru demarorul cu excitație serie (v. fig. 7.7, *a*) avem următoarea relație între tensiunea electromotoare indusă în înfășurarea motorului U_e, tensiunea electromotoare a baterici U_{eb}, căderile de tensiune la perii ΔU_p și celelalte căderi de tensiune

$$U_e = U_{eb} - \Delta U_p - R_\Sigma I. \qquad (7.13)$$

Puterea electromagnetică a demarorului P_{elm} corespunde produsului dintre tensiunea electromotoare indusă în înfășurarea rotorului și curentul ce străbate înfășurarea acestuia

$$P_{elm} = U_e I = (U_{eb} - \Delta U_p) I - R_\Sigma I^2. \qquad (7.14)$$

Din cele de mai sus rezultă că puterea este o funcție de gradul doi de curent: ea se anulează la mersul în gol ideal ($I \to 0$) și la scurtcircuit ($U_e = 0$).

Se poate determina valoarea curentului pentru care se obține puterea electromagnetică maximă, anulînd derivata

$$\frac{dP_{elm}}{dI} = U_{eb} - \Delta U_p - 2R_\Sigma I_{PM} = 0. \qquad (7.15)$$

Rezultă

$$I_{PM} = \frac{U_{eb} - \Delta U_p}{2 R_\Sigma}. \qquad (7.16)$$

Pe de altă parte curentul de scurtcircuit, considerînd $U_r = 0$ se poate scrie :

$$I_k = \frac{U_{eb} - \Delta U_p}{R_\Sigma} . \tag{7.17}$$

Rezultă

$$I_{PM} = \frac{1}{2} I_k . \tag{7.18}$$

Se poate determina valoarea maximă a puterii electromagnetice

$$P_{elm\,M} = \frac{(U_{eb} - \Delta U_p)^2}{4 R_\Sigma} = U_e \frac{I_k}{2} . \tag{7.19}$$

Din cele de mai sus rezultă factorii de care depinde valoarea puterii electromagnetice.

Puterea electromagnetică este maximă pentru o valoare a curentului egală cu jumătate din valoarea curentului de scurtcircuit. Puterea electromagnetică maximă scade cînd crește căderea de tensiune la perii și cînd cresc rezistențele din circuit (în special rezistența internă a bateriei, rezistența cablurilor de legătură și a contactelor). Cînd scade capacitatea bateriei crește rezistența interioară și ca urmare scade puterea electromagnetică.

Puterea utilă P la arborele demarorului se obține din puterea electromagnetică, scăzînd pierderile mecanice și în fierul rotorului

$$P = P_{elm} - P_{Fe;\,mec} = \eta_{el} P_{elm} . \tag{7.20}$$

Variația puterii utile în funcție de curent este arătată în fig. 7.10. Se observă că puterea utilă se anulează la mersul în gol ideal și la scurtcircuit. În fig. 7.10 se poate observa de asemenea modificarea caracteristicilor demarorului în funcție de capacitatea bateriei.

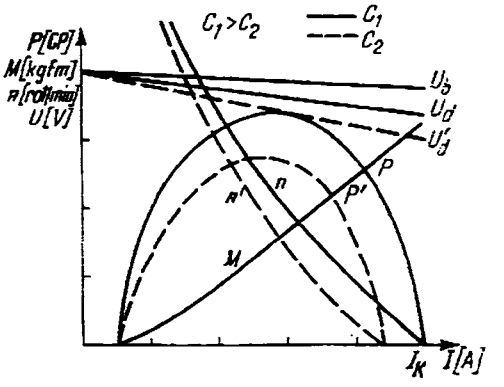


Fig. 7.10

7.3. CONSTRUCȚIA DEMAROARELOR

Demaroarele pentru autovehicule din punct de vedere al construcției se aseamănă între ele în ce privește partea de motor electric propriu-zis și diferă în ce privește dispozitivul de cuplare. În cele ce urmează ne

vom ocupa în special de construcția electromotoarelor propriu-zise, întrucît descrierea construcției dispozitivelor de cuplare s-a făcut mai sus.

Motoarele electrice de pornire, trebuind să funcționeze în regim de scurtă durată pentru a avea dimensiuni și greutăți reduse, lucrează cu solicitări mari. Principalele părți componente ale lor sînt (fig. 7.11): statorul *1* cu polii și înfășurările de excitație, rotorul *2* cu arborele, pachetul de tole, înfășurarea rotorică și colectorul, scutul dinspre colector *3* cu bucșa lagăr și suportul de perii și scutul dinspre antrenare *4* cu lagărul respectiv. La acestea se adaugă dispozitivul de cuplare cu pinionul și dacă este cazul electromagnetul sau releul de pornire.

Statorul este așezat într-o carcasă executată obișnuit din țeavă de oțel sau pentru producția de mare serie din tablă ștanțată, roluită și sudată. Numărul de perechi de poli se alege în funcție de puterea demarorului. În general se utilizează demaroare cu patru poli executați din bare de oțel laminate avînd profilul polului. La producții mai mici se utilizează poli forjați individual în matriță sau poli din tole de tablă nealiată (de 1 mm) nituite cu niturі dreptunghiulare.

Înfășurarea de excitație principală care se așază pe polii statorului se execută din bară de cupru neizolată avînd un număr redus de spire. Izolația între spire se realizează din benzi de preșpan sau leteroid. Bobina se izolează la exterior cu bandă de bumbac și se impregnează în lac sau în parafină. La demarcarele cu înfășurări statorice de excitație auxiliare, acestea se așază pe poli diferiți de cei care se așază înfășurarea principală pentru a reduce numărul de legături la bobine. Înfășurările auxiliare serie se execută din bară, iar cele derivație din sîrmă. Odată cu fixarea cu șuruburi pe carcasă, polii cu bobinele de excitație sînt calibrați la interior.

Rotorul cuprinde un arbore executat din oțel de axe, care trebuie să reziste la solicitările mecanice repetate. Pachetul rotorului se execută din tole ștanțate de 1 mm grosime, avînd crestături deschise sau semiînchise. În cazul crestăturilor deschise, bobinele rotorului se introduc separat pe deasupra, după care crestăturile se închid parțial prin sertizare. În cazul rotoarelor cu crestături semiînchise bobinele se introduc simultan axial cu ajutorul unui dispozitiv special.

Înfășurările rotorice se execută din bare de cupru sau aluminiu cu secțiunea dreptunghiulară rotunjită la colțuri, iar izolația lor se face cu leteroid. Înfășurările sînt de tipul ondulat și cuprind un număr de secții egal cu numărul de crestături și cu numărul de lame de colector.

Colectorul se execută din lame de cupru profilate, care din motive tehnologice sînt compuse uneori din două bucăți simetrice. Conductoarele indusului trebuie să fie cositorite la steguleţele lamelelor colectoare. Prinderea lamelelor care au coadă de rîndunică se face cu ajutorul unor conuri de strîngere care sînt fixate prin sertizare. Izolația dintre lamele se execută din micanită sau alte materiale izolante cu fire de sticlă, mică sau asbest.

Excentricitatea diametrului exterior al pachetului de tole și al dinamului exterior al colectorului față de diametrul lagărului din scut după finisare nu trebuie să fie mai mare de 0,05 mm.

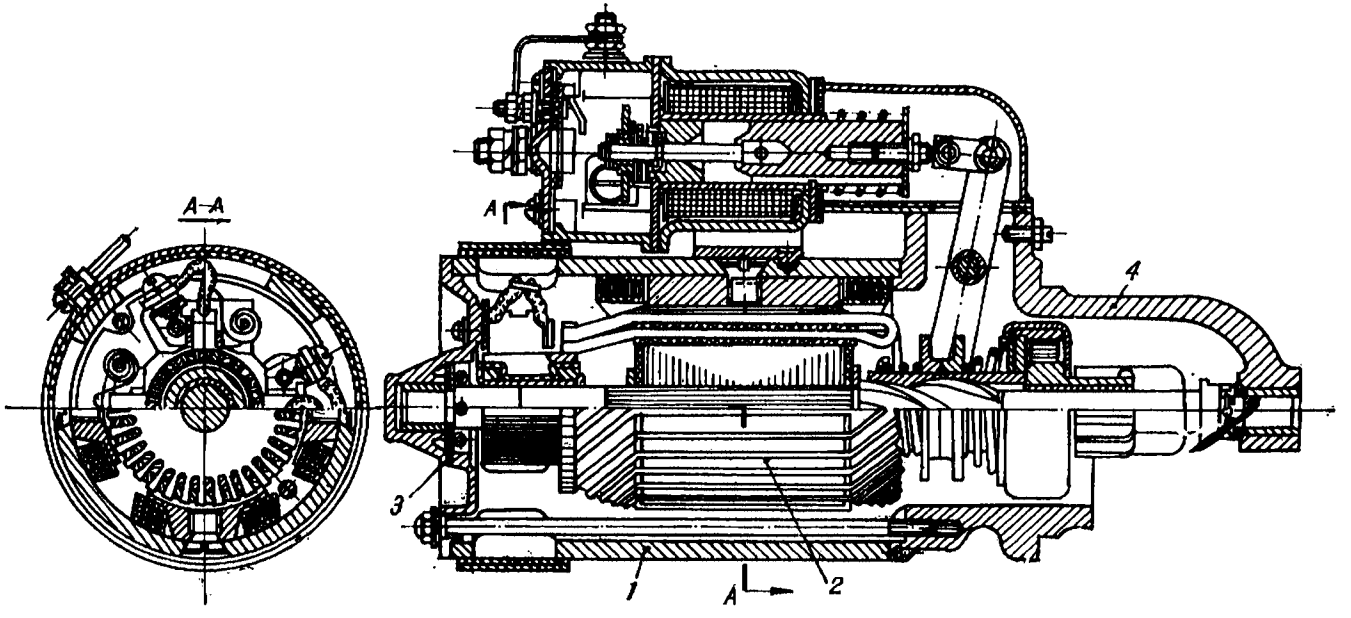


Fig. 7.11

Scutul spre colector are o formă relativ simplă în cazul demaroarelor cu cuplare prin inerție și cu cuplare mecanică. Scutul propriu-zis se execută din fontă sau din aliaje turnate sub presiune, iar în el se presează lagărul de alunecare executat din bronz grafit sinterizat. Bucșele sînt impregnate cu ulei la cald înainte de presare. Nu se admite spălarea acestora cu benzină. Între lagărul de alunecare și arbore se alege un ajustaj liber.

Pe scutul colector sînt fixate subansamblele suporților de perii. Suportul de perii se execută din tablă decapată, iar arcul periei are formă spirală și se execută din bandă de oțel de arc, astfel ca să asigure presiuni de 1...3 kgf. Periile folosite la demaroare sînt de tipul metal grafit cu conductibilitate electrică mare și uzură mică.

În cazul motoarelor cu cuplare electromagnetică, pe scutul dinspre colector se montează releul demarorului.

Scutul spre antrenare are forme diferite în funcție de mecanismul de cuplare utilizat. La unele demaroare cu cuplare prin inerție și cu cuplare electromagnetică lagărul scutului se află între stator și pinion, în timp ce la celelalte demaroare lagărul se află la capăt, iar pinionul se deplasează în interiorul scutului. Scutul de antrenare se execută în mod obișnuit din fontă pentru a avea rezistență mecanică ridicată. Fixarea pe motor se face de obicei cu flanșe.

Pinionul demarorului constituie una din piesele cele mai solicitate ale demarorului și ca urmare trebuie să aibă o rezistență mecanică ridicată. Pinioanele se execută din oțeluri aliate cementate și tratate termic, alegînd duritatea lor în corelație cu duritatea coroanei volantului. Numărul de dinți se alege de obicei 9...13, modulul 2,5, 3 sau 3,5, iar unghiul de angrenare 15° sau 20°. Se alege o corecție a profilului de 1...1,3 mm pentru a întări baza dinților, iar distanța între axele pinionului și a coroanei se mărește cu 0,5...1 mm pentru a ușura angrenarea. Jocul lateral între dinții pinionului și dinții coroanei se alege 0,3...0,9 mm.

Bornele demarorului sînt așezate de obicei pe scutul dinspre colector.

7.4. ÎNCERCĂRILE ȘI EXPLOATAREA DEMAROARELOR

Pe demaroare se găsește în mod obișnuit o plăcuță pe care sînt trecute datele nominale, cum sînt: tensiunea, puterea și sensul de rotație. Încercările demaroarelor încep prin verificarea dimensiunilor de gabarit și montaj, punerea la masă și sensul de rotație. Afară de acestea, încercările mai cuprind: verificarea caracteristicilor de funcționare, verificarea comportării la factorii externi și proba de durată.

Încercările de funcționare constau în determinarea caracteristicilor la mers în gol, la scurtcircuit și la mers în sarcină și se efectuează la temperatura ambiantă de 20 $\pm$ 5°C, după ce demarorul a fost rodat

în gol (1 min). Pentru măsurări se utilizează baterii de acumulatoare avînd tensiunea şi capacitatea nominală prescrise. Starea de încărcare a bateriilor (50% sau 100%), precum şi lungimea şi secţiunea cablurilor de alimentare se aleg astfel, încît la bornele demarorului în sarcină să se obţină tensiunile prescrise (de ex. 7,5 V pentru 1000 A). Fiecare măsurare se face la 5 s după punerea sub tensiune, pentru stabilizarea vitezei.

Încercarea de mers în gol se face fără instalaţii speciale fixînd demarorul pe un banc şi alimentîndu-l de la baterie. Se măsoară tensiunea de alimentare, curentul absorbit şi turaţia de mers în gol.

Dacă turaţia de mers în gol este mai mică şi curentul absorbit mai mare decît cel prescris, motorul nu corespunde putînd avea scurtcircuit în înfăşurări, pierderi mari sau defecţiuni mecanice. Uneori se verifică timpul de oprire al rotorului demarorului din momentul întreruperii tensiunii la mersul în gol, aceasta trebuie să corespundă valorii prescrise (de ex. max. 5 s).

Încercarea în scurtcircuit se face fixînd bine demarorul pe banc şi montînd pe capătul arborelui un braţ cu pîrghie care acţionează un dinamometru. Se măsoară cuplul de pornire maxim şi curentul de scurtcircuit.

Dacă cuplul de pornire este mai mic decît cel prescris, iar curentul absorbit este mai mare, se va verifica dacă înfăşurările nu au scurtcircuit între spire sau puneri la masă. Dacă cuplul de pornire şi curentul absorbit sînt mai mici decît cele prescrise, rezultă că sînt întreruperi sau contacte greşite pe circuite în interiorul sau în exteriorul demarorului, sau că bateria este defectă.

Încercarea la mers în sarcină se face pe banc special care necesită o frînă etalonată. Se fac 4...5 determinări cuprinse între scurtcircuit şi mersul în gol, cu o pauză de cel puţin 1 min între determinări pentru răcirea demarorului. Se notează tensiunea la bornele demarorului şi a bateriei, curentul absorbit, turaţia şi cuplul. Cu aceste date se trasează caracteristicile care trebuie să se încadreze în limitele prescrise. Pentru puterea nominală, respectiv curentul nominal, turaţia trebuie să aibă valori egale sau mai mari decît cele prescrise. De asemenea puterea maximă trebuie să fie într-un anumit raport faţă de puterea nominală.

În cazul demaroarelor cu relee se verifică şi tensiunile de cuplare şi de decuplare ale releelor.

Verificarea încălzirii se face numai asupra colectorului demarorului. Spre exemplu se prescrie ca după trei cicluri de cîte 45 s, din care 15 s sub tensiune, temperatura colectorului să nu depăşească 140...200°C.

Încercările de verificare ale comportării la solicitări electrice şi mecanice cuprind: comutaţia, supraturaţia, rezistenţa de izolaţie şi rigiditatea dielectrică. Deşi se admite comutaţie grea nu trebuie să apară scîntei exagerate la colector, care să ducă la scoaterea din funcţiune prematură a demarorului. Supraturaţia se face prin mărirea tensiunii de alimentare (de exemplu la 1,25 U_N) sau prin antrenare din exterior la turaţia prescrisă, timp de 15...30 s.

Tensiunea de străpungere se verifică la 500 V_{ef}, 50 Hz timp de 1 min, iar rezistența de izolație trebuie să fie de 0,5 MΩ la 500 V curent continuu.

Uneori se prescriu și alte încercări cum ar fi spre exemplu funcționarea dispozitivului de mers liber, (turația de decuplare, cuplul de decuplare etc.). De asemenea se face verificarea angrenărilor (admițînd 0,5... 5% angrenări nereușite).

Încercările de verificare ale comportării la acțiunea factorilor externi cuprind: determinarea caracteristicilor la —10°C și —15°C, precum și verificarea rezistenței la umiditate, a tipului de protecție și a rezistenței la vibrații.

Încercările de durată ale demaroarelor se efectuează pe bancuri sau direct pe motor la temperatura normală și cuprind 5000 · · ·25 000 porniri. Spre exemplu pentru demarorul tip 2D4/12 se prevăd 5000 porniri pe banc avînd ciclul de 60 s, cu durata activă 5 s. Primele 3 s demarorul este încărcat la puterea maximă reglată cu ajutorul frînei. Începînd cu secunda a patra volantul se accelerează printr-o antrenare suplimentară, iar frîna se eliberează corespunzător pornirii motorului cu ardere internă. În secunda a șasea se deconectează electromotorul și se strînge frîna. La această probă electromotorul de pornire trebuie răcit suficient, admițîndu-se în acest sens ca după fiecare 25 · · ·30 cicluri să fie oprit pînă la răcire. Se admite un anumit număr de porniri nereușite, care constau în oprirea pinionului în coroana dințată sau dinte pe dinte. De asemenea se admite schimbarea periilor și curățirea contactelor după un anumit număr de porniri.

Unele firme prevăd efectuarea probelor de durată electrice separat de cele mecanice. Spre exemplu, proba de durată electrică cuprinde 10 000 porniri la puterea maximă, cu cicluri de 60 s, avînd durata activă 5 s. Demarorul este ventilat astfel ca temperatura carcasei să nu depășească 60°C, iar capacul demarorului este demontat. După probă periile trebuie să rămînă în starea de funcționare avînd o uzură uniformă, iar presiunea periilor să nu scadă sub o anumită valoare. De asemenea nu trebuie să se producă ovalizări sau uzuri exagerate ale colectorului.

Proba de durată mecanică se face de obicei pe motorul termic și cuprinde 25 000 porniri cu cicluri de 60 s. Din acestea funcționează 1 s demarorul singur, 1 s demarorul cu aprinderea sau injecția motorului, 19 s motorul singur și 29 s repaus. După încercări nu trebuie să se constate defecțiuni mecanice sau electrice.

În general după probele de durată nu trebuie să se constate o diminuare a caracteristicilor demarorului cu mai mult de 10%.

Exploatarea demaroarelor. Pentru exploatarea corectă a demaroarelor este necesar ca acestea să fie montate corespunzător pe motor pentru a nu se desprinde sub vibrații și a nu apărea căderi de tensiune suplimentare la contacte și borne. Durata de acționare la pornire nu trebuie să depășească valoarea prescrisă pentru a nu deteriora demarorul și a nu descărca bateria. De exemplu se admit maximum trei porniri cu o durată

de 10...15 s cu interval între porniri de 30 s. Se admite repetarea pornirilor după 2 min.

Se recomandă a se efectua controlul periodic al demaroarelor după fiecare 10 000 km. În cazul în care se constată vreo anomalie în funcţionare se verifică starea coroanei şi a pinionului, funcţionarea dispozitivului de cuplare şi decuplare, starea periilor şi a colectorului, anclanşarea releului. Dantura coroanei se recomandă să fie spălată cu o pensulă cu benzină

Tabelul 7.1

Caracteristicile demaroarelor

Caracteristici	Tipul demarorului				
	D1,2/12	2D4/12	ST4 (URSS)	E100–15/12 pt. Fiat 1300 (Italia)	E 84–0,8/12 pt. Fiat 124 (Italia)
Tensiunea nominală, V	12	12	12	12	12
Capacitatea acumulatorului, Ah	64	153	42	48	48
Regimul de sarcină					
Tensiunea la bornele demarorului, V		8,5	—		9,7
Puterea nominală, CP	1,2	4	0,6	1,5 kW	—
Curentul nominal (la puterea nominală), A		470			160
Turaţia demarorului la puterea nominală, rot/min		2 150	1 400	1 200	1 850±100
Regimul blocat (scurtcircuit)					
Tensiunea de scurtcircuit, V	5	6	8,6	6,05	6,8±0,3
Curentul de scurtcircuit, A	550	1 600	285	610	325
Cuplul de scurtcircuit, kgfm	1,8	4,5	0,9	2,8±0,1	0,97±0,06
Regimul de mers în gol					
Tensiunea la bornele demarorului la mers în gol, V		12	12		12
Curentul de mers în gol, A		<150	45		<25 A
Turaţia de mers în gol, rot/min	4 500	3 100	5 000	6 000±300	8 250±100
Greutatea, kgf	9	18			

(cu atenţie să nu pătrundă în lagăre) şi apoi unsă cu unsoare de presiune.

În cele ce urmează vom arăta cîteva indicaţii de reglaj în special pentru demaroarele cu cuplare forţată.

Pentru demaroarele cu acţionare directă (cu pedală) reglajul se face cu scopul de a asigura o deplasare corectă a pinionului. În repaus acesta nu trebuie să atingă roata dinţată a volantului, faţă de care trebuie să se afle la distanţa prescrisă (de ex. 2 mm). După cuplare se apasă pîrghia de comandă pînă la refuz şi se măsoară jocul între pinion şi şaiba de

oprire, care de asemenea trebuie să corespundă valorii prescrise (de ex. 0,5...1,5 mm). Reglarea se face din şuruburile de oprire cu care este prevăzut demarorul. În acelaşi timp trebuie să se asigure reglarea închiderii corecte a contactelor întreruptorului.

Reglajul demaroarelor cu electromagnet este mai complicat datorită prezenţei diferitelor arcuri care trebuie tarate corespunzător. Reglajul cursei pinionului se face alimentînd separat electromagnetul. Trebuie să

Tabelul 7.2

Datele constructive principale ale demaroarelor

Datele constructive	Tipul demarorului	
	D1, 2/12	2D 4/12
Modul de cuplare	Inerţie	electromagnet
Diametrul exterior al statorului, mm	114	127
Diametrul exterior al rotorului, mm	75	82,4
Lungimea pachetului, mm	72	72
Numărul de poli	2	4
Numărul de crestături	23	37
Numărul de lame colectoare	23	37
Înfăşurarea indusului		
Numărul de conductoare	2×23	2×37
Dimensiunile conductorului, mm	Ø 3,6	2×4,7
Înfăşurarea de excitaţie		
Numărul de spire al înfăşurării derivaţie	1×60	2×30
Dimensiunile conductorului înfăşurării derivaţie, mm	Ø 0,65	Ø 1,4
Numărul de spire al înfăşurării serie I, (principală)	2×14	2×6
Dimensiunile conductorului înfăşurării serie I, mm	1×6,9	2,4×6,7
Numărul de spire al înfăşurării serie II (auxiliară)	—	2×30
Dimensiunile conductorului înfăşurării serie II, mm	—	Ø 1,5

se respecte distanţa prescrisă pînă la coroană, cînd electromagnetul este cuplat, iar în poziţie de repaus dispozitivul de cuplare trebuie să se reazeme pe umărul arborelui, astfel încît efortul de frecare la rotirea pinionului să aibă valoarea prescrisă (de ex. 5 kgf cm). Se face apoi reglajul închiderii contactelor electromagnetului ca urmare a deplasării miezului, atunci cînd pinionul este cuplat şi se întrerupe alimentarea electromagnetului.

În tabelele 7.1 şi 7.2 sînt prezentate caracteristicile şi prncipalele date constructive ale demaroarelor.

8. SISTEME DE APRINDERE

8.1. CLASIFICAREA ŞI FUNCŢIONAREA SISTEMELOR DE APRINDERE

8.1.1. CLASIFICAREA SISTEMELOR DE APRINDERE

Sistemele de aprindere cuprind un complex de aparate, dispozitive şi accesorii care au drept scop producerea scînteilor în cilindrii motoarelor cu carburator, pentru a aprinde la un moment dat amestecul de combustibil. Producerea scînteilor se face prin aplicarea unei tensiuni înalte la electrozii bujiilor care se află în capul cilindrilor motoarelor.

Dintre condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească sistemele de aprindere arătăm :

— producerea scînteilor să aibă loc în momente strict determinate corespunzătoare condiţiilor de lucru ale motorului ;

— tensiunea produsă la electrozii bujiilor trebuie să fie suficient de mare, pentru a putea asigura producerea scînteilor în toate regimurile de funcţionare ale motorului ;

— energia scînteii trebuie să fie suficient de mare pentru a putea aprinde amestecul de combustibil în orice regim de funcţionare a motorului ; de asemenea durata de formare a scînteii trebuie să fie scurtă ;

— aparatele ce constituie sistemul de aprindere trebuie să prezinte siguranţă în funcţionare, la temperaturi ridicate ale amestecului de combustibil şi în cazul corodării electrozilor bujiilor ;

— toate elementele sistemului de aprindere trebuie să aibă greutate mică, gabarit redus şi preţ de cost scăzut ; totodată să permită o reglare uşoară şi întreţinere cît mai simplă.

În prezent se utilizează diferite tipuri de sisteme de aprindere dintre care arătăm sistemele de aprindere de la baterie, sistemele de aprindere cu magnetou şi sistemele de aprindere speciale.

Sistemele de aprindere de la baterie numite şi sisteme electromagnetice clasice sau convenţionale (fig. 8.1, *a*) cuprind : bobina de aprindere *1*, ruptor-distribuitorul de aprindere *2* şi bujiile *3*, la care se adaugă conductele pentru aprindere, fişele de aprindere şi întreruptorul de contact.

Sistemele de aprindere de la baterie sînt cele mai utilizate fiind răspîndite la majoritatea autovehiculelor care au baterie de acumulatoare. Aceste sisteme se caracterizează prin faptul că asigură o scînteie puternică în special la turații scăzute. De obicei sistemele de aprindere de la baterie funcționează la înaltă tensiune dar s-au utilizat și sisteme de aprindere de joasă tensiune.

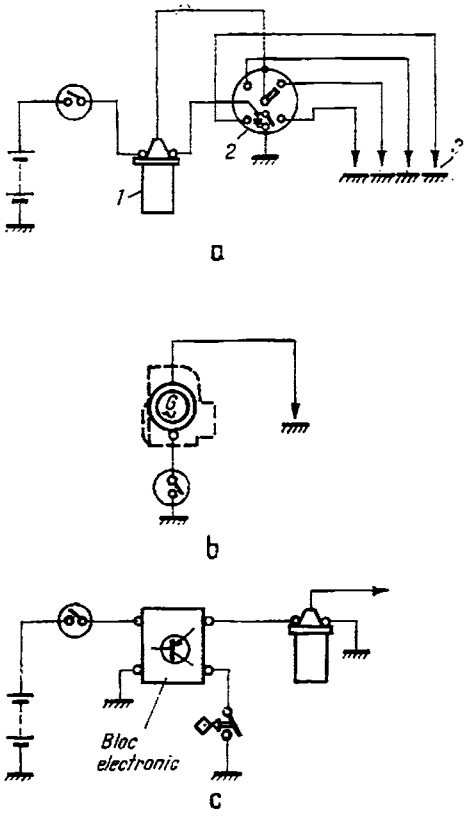


Fig. 8.1

Sistemele de aprindere cu magnetou (fig. 8.1, *b*) cuprind: magnetoul, bujiile, conductele și fișele de aprindere și întreruptorul de contact. Neavînd nevoie de sursă de alimentare electrică separată, sistemele de aprindere de la magnetou se utilizează în special pe autovehiculele care nu au acumulatoare, sau la care nu se poate asigura întotdeauna starea de încărcare a acestora (de ex. în cazul motoarelor motocicletelor, motoarelor de pornire ale tractoarelor etc.). Sistemele de aprindere cu magnetou se caracterizează prin faptul că asigură scîntei puternice în special la turații ridicate (ceea ce face ca ele să fie utilizate și pe automobilele de curse).

Principiile de funcționare ale sistemelor de aprindere arătate mai sus sînt asemănătoare. Atît bobinele de aprindere cît și magnetourile cuprind înfășurări identice cu ale transformatoarelor, care produc tensiunea înaltă necesară pentru aprindere. În cazul bobinelor de aprindere transformatorul constituie un aparat separat de ruptor-distribuitor și de surse de alimentare, în timp ce în cazul magnetourilor transformatorul este inclus în același aparat împreună cu generatorul cu magnet permanent, ruptorul și distribuitorul.

Ruptor-distribuitorul de aprindere cuprinde pe de o parte dispozitivul întreruptor (ruptor), care întrerupe circuitul primar producînd variația rapidă a curentului din înfășurarea primară a transformatorului de înaltă tensiune și pe de altă parte dispozitivul distribuitor propriu-zis, care asigură distribuirea tensiunii înalte pentru producerea scînteilor la

diferiţi cilindri. În cazul motoarelor cu unu şi doi cilindri sînt necesare numai dispozitivele întreruptoare. Dispozitivele întreruptoare funcţionează de obicei împreună cu dispozitivele pentru modificarea avansului la aprindere, care permit producerea scînteilor la momentele potrivite. Magnetourile au dispozitivele de întrerupere şi distribuire incluse alături de generatoare.

Bujiile servesc la producerea scînteilor în cilindrii motorului pentru aprinderea amestecului combustibil, în care scop sînt prevăzute cu electrozi metalici izolaţi între ei.

Sistemele de aprindere speciale au început să se răspîndească odată cu fabricarea semiconductoarelor. În prezent se cunosc sisteme de aprindere electronice cu contacte (fig. 8.1. *c*) şi sisteme fără contacte. Ele se pot utiliza în locul sistemelor clasice de aprindere de la baterie, cuprinzînd în afară de bobina şi ruptor-distribuitorul de aprindere un bloc electronic, care are rolul pe de o parte de a mări tensiunea, respectiv energia de descărcare a scînteilor, iar pe de altă parte de a reduce uzura sau de a elimina complet contactele. Menţionăm că există şi sisteme de aprindere electronice cu magnetou. Sistemele de aprindere electronice se caracterizează prin faptul că asigură scîntei puternice atît la turaţiile mici cît şi la turaţiile ridicate ale motorului, în schimb prezintă dezavantajul că sînt mai scumpe decît celelalte sisteme.

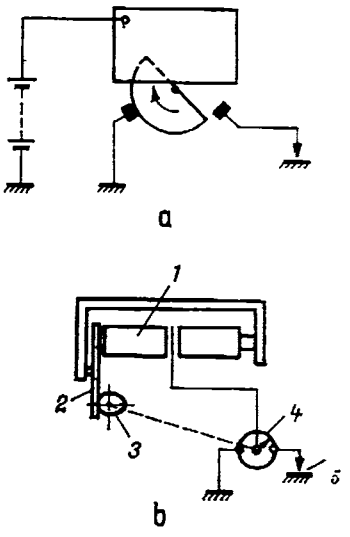


Fig. 8.2

În afară de sistemele de aprindere arătate mai sus, care sînt electromagnetice există şi **sisteme de aprindere electrostatice**. În fig. 8. 2, *a* este arătată schema de aprindere a unui *sistem de aprindere cu condensator variabil*, la care se utilizează ca dielectric un gaz special sub presiune (cu constantă dielectrică ridicată). Armătura fixă este menţinută la un potenţial practic constant, de către bateria de acumulatoare.

Sistemele de aprindere piezoelectrice se bazează pe proprietatea cristalelor ceramice piezoelectrice de a produce tensiune electrică atunci cînd sînt supuse la presiuni alternative. Principiul unui astfel de sistem rezultă din fig. 8.2, *b*. Două elemente ceramice de înaltă tensiune *1* (pe bază de zirconat-titanat de plumb) sînt aşezate alături într-o carcasă izolantă. Prin intermediul unei pîrghii *2* este transmisă presiunea de la o camă *3* aşezată pe arborele cotit. Prin aceasta se produce înalta tensiune care printr-un mecanism distribuitor *4* este transmisă la bujiile *5*.

Sistemele de aprindere electrostatice deşi prezintă unele avantaje cum ar fi reducerea consumului de energie electrică, nu se aplică încă în prezent, prezentînd dificultăţi în ce priveşte execuţia lor.

8.1.2. DESCĂRCAREA ELECTRICĂ ÎN SPAŢIUL GAZOS DINTRE DOI ELECTROZI

Pentru procesul de aprindere al amestecului combustibil este necesar să se producă o descărcare electrică între electrozii bujiei, care se află în camera de ardere. Tipul descărcării depinde de forma şi materialul electrozilor, de distanţa între acestia, de caracteristicile gazului (natură, presiune şi temperatură) şi de parametrii circuitului electric şi ai sursei de energie (tensiune, energie). Descărcarea electrică în spaţiul dintre cei doi electrozi poate fi determinată cu ajutorul caracteristicii voltamperice reprezentată în fig. 8.3.

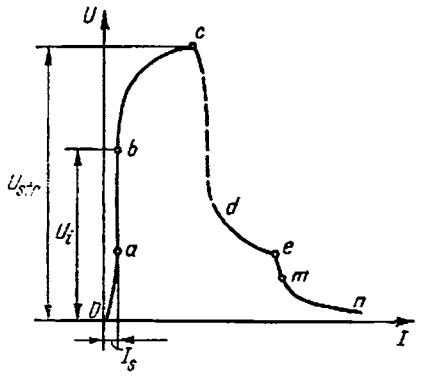


Fig. 8.3

Aplicînd o tensiune între cei doi electrozi, la început intensitatea curentului va creşte aproape proporţional cu tensiunea (porţiunea *Oa*). Crescînd mai departe tensiunea (porţiunea *ab*), intensitatea curentului creşte din ce în ce mai încet cînd curentul format din toţi ionii formaţi în gaz datorită ionizării externe (raze ultraviolete, încălzirea electrozilor etc.) sînt puşi în mişcare ajungîndu-se la *curentul de saturaţie* I_s, care are valoare practic constantă (de ex. 10^{-12} A). Acest gen de descărcare se numeşte *descărcarea latentă* sau obscură întrucît nu este însoţită de efecte luminoase.

Continuînd să ridicăm tensiunea, curentul începe să crească brusc (porţiunea *bc*), ceea ce arată că a apărut o nouă sursă de ionizare. Numărul de ioni formaţi în unitatea de timp începe să crească brusc datorită ionizării prin şoc numită şi *ionizare în lavină sau în avalanşă*. Această ionizare se explică, prin faptul că la o tensiune suficient de mare ionii dobîndesc o astfel de viteză şi energie cinetică, încît depăşesc energia necesară pentru ionizare şi prin ciocnire fisionează moleculele producînd noi ioni pozitivi şi negativi. Aceşti ioni se ciocnesc la rîndul lor cu moleculele neutre despărţindu-le în ioni. Tensiunea la care începe ionizarea de şoc se numeşte *tensiune iniţială* U_i, sau tensiune de efluvii. Numărul de ioni creşte aşa de mult încît sarcinile lor deformează foarte mult cîmpul iniţial şi se produc străpungeri locale ale gazului în jurul electrozilor, în locurile cu cea mai mare intensitate a cîmpului. Acest tip de descărcare se numeşte *descărcare*

prin licăriri întrucît la presiunea atmosferică apar efecte luminiscente sub forma unor efluvii sau efecte corona.

La creşterea mai departe a tensiunii, aceasta ajunge la valoarea maximă (punctul *c*) cînd între electrozi se produc scîntei sau arc electric. Tensiunea la care se produce scînteia sau arcul electric se numeşte *tensiune de străpungere* U_{str} sau tensiune critică. Creşterea puternică a temperaturii ionilor datorită ciocnirilor provoacă încălzirea peliculei de gaz care înconjoară drumul ionilor şi produce iluminarea ei. Lărgirea bruscă a bulei de gaz din cauza încălzirii dă naştere la unde sonore, sub forma de pocnituri. Descărcarea produce între electrozi o puternică încălzire şi un canal ionizat, a cărui rezistenţă se micşorează mult încît intensitatea curentului începe să crească deşi tensiunea scade (porţiunea *cd*). Acest tip de descărcare se numeşte *descărcare disruptivă* (prin străpungere) şi este o descărcare luminiscentă.

În continuare procesul de descărcare depinde de parametrii mediului gazos, ai circuitului electric şi ai sursei de energie. Descărcarea are loc sub formă de scînteie sau de arc în funcţie de debitul de electroni ai sursei. La debit mic apare scînteia, iar la debit mare apare arcul electric. Dacă rezistenţa circuitului este mică, apare o încălzire puternică a electrozilor, încît metalul începe să se evapore şi apare o emitere puternică de electroni la electrodul negativ supraîncălzit. Ca rezultat scînteia se transformă în *descărcare prin arc* (porţiunea *en*), în care caz gazul se poate considera bun conducător, ceea ce face ca curentul să crească mult odată cu scăderea tensiunii (de ex. $10^2 \ldots 10^4$ A). Apare o lumină alb strălucitoare ca urmare a temperaturii foarte ridicate din coloana pozitivă. În cazul cînd rezistenţa circuitului electric este mare apare aşa numita *descărcare mocnită* la care curentul de descărcare este mic (de ex. $10^{-1} \ldots 10^{-5}$ A).

Străpungerea întîrziată şi coeficientul de impuls. În cele de mai sus am considerat pentru simplificare că străpungerea intervalului de gaz se face la creşterea treptată a tensiunii (aplicînd tensiuni de străpungere statice). În realitate tensiunile sînt aplicate sub formă de impulsuri avînd un timp de creştere a tensiunii pînă la valoarea maximă de aproximativ 10^{-4} s şi o înclinare a frontului undei de 0,2...0,4 kV/μs.

Pentru producerea scînteii este necesar un anumit timp numit *întîrziere la străpungere* t_{str} sau întîrziere la descărcare. Acest timp scade odată cu creşterea tensiunii aplicate, deoarece cu cît tensiunea aplicată este mai mare cu atît ionii au viteză mai mare, energia cinetică depăşeşte mai mult valoarea necesară pentru ionizare şi lavina se dezvoltă mai repede. Dacă timpul t_1 în care impulsul U_1 depăşeşte tensiunea statică U_0 este mai mic decît întîrzierea la străpungere ($t_1 < t_{str}$), se poate să nu se producă scînteia chiar dacă valoarea maximă a tensiunii aplicate este mai mare decît tensiunea de străpungere statică, întrucît nu se poate termina procesul formării lavinei de electroni (fig. 8.4). Pentru a obţine descărcarea este necesar să mărim tensiunea maximă a impulsului.

Dacă în locul impulsului U_1 aplicăm impulsul U_2 cu un front al undei mai înclinat, timpul de întîrziere necesar pentru străpungere scade

($t_{2\,str} < t_{1\,str}$) și totodată din forma curbei se observă că timpul cît tensiunea impulsului U_2 depășește tensiunea statică U_0 este mai mare ($t_2 > t_1$). Scînteia se produce cînd $t_2 > t_{2\,str}$.

Fenomenul întîrzierii străpungerii duce în cazul impulsurilor scurte la necesitatea unor tensiuni maxime ridicate.

Raportul dintre tensiunea de străpungere de impuls U_i față de tensiunea de străpungere statică U_0 se numește coeficient de impuls

$$\beta = \frac{U_i}{U_0}. \tag{8.1}$$

Valoarea cieficientului de impuls este ridicată pentru electrozii ascuțiți, cînd cîmpul este neuniform, încît timpul de întîrziere la străpungere crește mult.

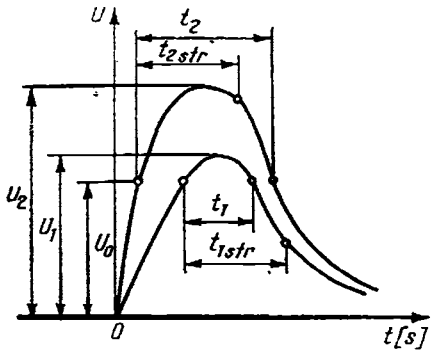


Fig. 8.4

Valoarea coeficientului de impuls pentru sistemele de aprindere de la baterie și cu magnetou este de 1,4... 1,5 pentru bujii reci și 1,1...1,2 pentru bujii calde (peste 400°C). Activarea electrozilor bujiilor, care produce ionizare, scade coeficientul de impuls practic la unitate.

Influența polarității electrozilor asupra tensiunii de producere a scînteilor. Tensiunea de străpungere necesară scade cînd electrodul mai cald este de polaritate negativă față de cazul cînd este de polaritate pozitivă. Aceasta se explică prin faptul că prin încălzirea electrozilor bujiei, electrodul negativ emite un flux de electroni cu temperatură ridicată care ionizează spațiul înconjurător, cu atît mai mult cu cît temperatura electrodului este mai ridicată. Întrucît electrodul central este mai cald decît cel lateral, producerea scînteii se face mai ușor cînd electrodul central este negativ (polul pozitiv pus la masă pentru aprinderea de la baterie). Reamintim totuși că în prezent ținînd seama de răspîndirea aparatelor electronice pe autovehicule, se folosesc în majoritate instalațiile electrice cu minusul la masă.

8.2. MĂRIMI CARACTERISTICE PRINCIPALE ALE SISTEMELOR DE APRINDERE

Sistemele de aprindere pentru autovehicule trebuie să asigure funcționarea corespunzătoare a motorului în toate regimurile de lucru. Pentru aceasta este necesar să se asigure adaptarea corespunzătoare a aparatelor

pe motor şi să se îndeplinească condiţiile tehnice prevăzute în standardele şi normele produselor.

Dintre mărimile caracteristice principale ale sistemelor de aprindere amintim următoarele:

Tensiunea de aprindere sau de străpungere U_{str} este tensiunea necesară pentru străpungerea spaţiului între electrozii bujiilor. Tensiunea de aprindere depinde de distanţa între electrozi, de presiunea şi temperatura gazului şi de alţi factori cum ar fi modul de aplicare a tensiunii etc. Valorile tensiunii de aprindere pentru regimul de pornire sînt mai mari (de ex. 16...20 kV) decît cele pentru regimul de lucru (de ex. 12...15 kV).

Tensiunea secundară U_2 reprezintă tensiunea înaltă produsă de sistemul de aprindere (la bornele înfăşurării secundare).

Tensiunea de lucru a bateriei U_b este practic egală cu tensiunea la bornele sistemului de aprindere. La pornire această tensiune scade datorită curentului absorbit de demaror ($U_b = 8$ V pentru $U_N = 12$ V), în timp ce în regimul normal creşte corespunzător tensiunii reglate de releul regulator ($U_b = 14$ V pentru $U_N = 12$ V).

Rezistenţa de şuntare R_s reprezintă rezistenţa echivalentă de sarcină a sistemului de aprindere. Ea depinde în special de depunerile dintre electrozii bujiilor şi are valori cuprinse între 1 MΩ şi ∞.

Turaţia minimă de producerea scînteilor n_{min}, este turaţia cea mai mică a arborelui ruptor-distribuitorului de aprindere sau a magnetoului, la care se asigură producerea continuă a scînteilor pentru distanţa prescrisă între electrozii bujiilor la funcţionare în cilindri, respectiv între eclatoarele de încercare la funcţionare în aer. Ea trebuie să corespundă turaţiei de pornire a motorului.

Turaţia maximă de producerea scînteilor n_{max} este turaţia cea mai mare a ruptor-distribuitorului de aprindere la care se asigură producerea continuă a scînteilor, pentru distanţa prescrisă între electrozii bujiilor, respectiv între eclatoare. Ea trebuie să corespundă turaţiei maxime de funcţionare a motorului.

Numărul de scîntei în unitatea de timp n_{sc} se foloseşte uneori în locul turaţiei de producerea scînteilor. Acest număr se poate determina cunoscînd turaţia motorului n_m, numărul de cilindri ai motorului z, numărul de timpi al motorului şi raportul de transmisie la distribuitor. Spre exemplu pentru motoare în patru timpi, cu raport de transmisie 1 : 2 avem

$$n_{sc} = \frac{z\, n_m}{2}. \tag{8.2}$$

Timpul relativ de închiderea contactelor τ_k, numit şi Dwell, reprezintă raportul dintre durata de închidere a contactelor întreruptorului t_k şi durata perioadei unei întreruperi T

$$\tau_k = \frac{t_k}{T}. \tag{8.3}$$

De obicei se dă valoarea acestui raport la turaţia de pornire, întrucît la turaţii mari valorile lui scad. În practică se foloseşte valoarea lui τ_k exprimată în procente, egală cu *unghiul relativ de închiderea contactelor* (ţinînd seama de unghiurile camei).

Curentul de rupere I_r reprezintă valoarea curentului primar care trece prin înfăşurarea primară a bobinei de aprindere în momentul în care contactele se deschid, respectiv cînd blocul electronic întrerupe curentul prin bobină. În cazul sistemelor de aprindere clasice curentul prin bobină este egal cu curentul prin contacte la deschiderea acestora, în timp ce la sistemele electronice curentul prin contacte este mai mic decît curentul prin bobină.

Unghiul de aprindere δ reprezintă unghiul dintre poziţia manivelei arborelui motor (respectiv pistonului) corespunzătoare momentului producerii scînteii şi poziţia corespunzătoare punctului mort superior. Unghiul de aprindere se poate exprima în grade motor (arbore cotit °AC) sau în grade ruptor-distribuitor (°AD), după cum se referă la rotirea arborelui motorului sau ruptor-distribuitorului. Dacă nu se menţionează altfel vom subînţelege unghiul de aprindere exprimat prin grade ruptor-distribuitor.

Unghiurile de aprindere se împart în unghiuri de avans la aprindere şi unghiuri de întîrziere la aprindere, după cum scînteia se produce înainte sau după punctul mort superior.

Unghiurile de avans la aprindere numite prescurtat avansuri se împart la rîndul lor după modul în care sînt produse de dispozitivele de avans. Prin *avans fix* înţelegem unghiul de avans produs de sistemul de aprindere cînd nu funcţionează regulatoarele automate de avans. Avansul fix depinde de momentul deschiderii contactelor întreruptoarelor şi se poate regla cu ajutorul selectorului octanic. *Avansul centrifugal* este unghiul de avans produs de regulatorul de avans centrifugal şi depinde de turaţia motorului. *Avansul prin depresiune* este unghiul de avans produs de regulatorul de avans prin depresiune şi depinde de depresiunea produsă de carburator.

Valoarea termică a bujiei W, numită şi *cifră de incandescenţă* sau *coeficient de temperatură*, exprimă capacitatea de transmitere a căldurii din camera de ardere a motorului către mediul exterior. Cu cît această cifră este mai mare cu atît cedarea căldurii este mai intensă.

Raportul de transmisie K_a la ruptor-distribuitor reprezintă raportul dintre turaţia ruptor-distribuitorului şi turaţia arborelui cotit al motorului termic.

8.3. ADAPTAREA SISTEMELOR DE APRINDERE PE AUTOVEHICULE

8.3.1. APRINDEREA AMESTECULUI DE COMBUSTIBIL LA MOTOARELE CU CARBURATOR

Producerea arderii amestecului combustibil la motoarele cu carburator are loc datorită scînteilor sistemului de aprindere. În cilindrii motorului amestecul combustibil este comprimat şi încălzit pînă aproape de tempera-

tura de autoaprindere. Scînteile produse de sistemul de aprindere ridică local temperatura peste temperatura de autoaprindere şi declanşează reacţia chimică de ardere. Arderea nu se produce instantaneu, ci se propagă cu o anumită viteză de ardere. Pentru ca arderea să fie completă este necesar

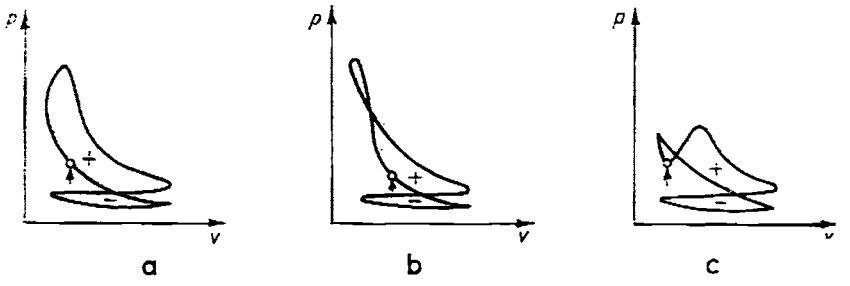


Fig. 8.5

ca momentul producerii scînteii să aibă loc înainte de ajungerea pistonului la punctul mort superior.

În fig. 8.5 este arătată influenţa momentului producerii scînteii asupra puterii dezvoltate de motor pe baza diagramei presiune-volum. După cum se vede în cazul unei aprinderii corecte corespunzătoare unui avans optim (fig. 8.5, *a*), se realizează un lucru mecanic maxim pe ciclu. Dacă scînteia este dată prea devreme (fig. 8.5, *b*) puterea motorului scade, apar gaze nearse şi supraîncălzirea motorului. Dacă scînteia este dată prea tîrziu (fig 8.5, *c*) puterea motorului scade, apar şocuri, pericol de detonaţii şi o uzură exagerată a motorului.

Curbele din fig. 8.6 arată dependenţa puterii şi consumului specific al unui motor faţă de unghiul de avans sau întîrziere (raportat la arborele motor). Se observă că funcţionarea cu întîrziere la aprindere determină puteri şi consumuri specifice necorespunzătoare. Unghiul de avans la aprindere trebuie să fie cuprins între anumite limite specifice fiecărui motor şi combustibil.

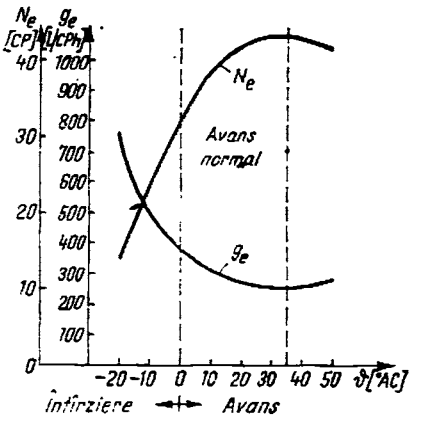


Fig. 8.6

Menţionăm că la pornire situaţia este diferită. Pentru a nu obţine eforturi inverse în partea mobilă a motorului este util în anumite cazuri (de ex. la magnetouri) să se asigure întîrziere la aprindere. Pentru alegerea unghiului optim de avans trebuie să se ţină seama de mai mulţi factori în-

tre care amintim : turația motorului, compoziția amestecului combustibil, gradul de compresiune, puterea dezvoltată de motor, sarcina motorului și tipul combustibilului.

8.3.2. INFLUENȚA FACTORILOR EXTERNI ASUPRA UNGHIULUI OPTIM DE AVANS

Turația motorului. Odată cu creșterea turației motorului scade timpul disponibil de ardere. Întrucît la turațiile de lucru normale ale motorului viteza de ardere a amestecului combustibil este practic constantă (de ex. 22...25 m/s) pentru a obține o ardere completă este necesar ca unghiul de avans la aprindere să crească. Curba optimă de avans în funcție de turația motorului are de obicei o variație practic liniară pînă la o anumită turație, peste care rămîne constantă. Avansul în funcție de turație se stabilește cu ajutorul regulatoarelor automate centrifugale sau prin depresiune, care sînt montate pe aparatele de aprindere.

Compoziția amestecului de combustibil. Compoziția amestecului de vapori benzină-aer este caracterizată prin coeficientul de exces de aer α, egal cu raportul procentual dintre greutatea aerului real G_r și greutatea aerului teoretic necesar pentru arderea unității de greutate a combustibilului G_0

$$\alpha = \frac{G_r}{G_0} 100[\%]. \tag{8.4}$$

Viteza de ardere a amestecului de combustibil depinde de compoziția lui, prezentînd un maxim pentru o anumită valoare a coeficientului de exces de aer (de ex. $\alpha = 0{,}8...0{,}9\%$). Pentru amestecuri mai sărace sau mai bogate viteza de ardere scade și ca urmare curba care dă dependența unghiului de avans în funcție de coeficientul de exces de aer trebuie să prezinte un minim.

Aparatele de aprindere nu posedă regulatoare de avans în funcție de compoziția amestecului întrucît dozarea acestuia este lăsată pe seama carburatoarelor.

Gradul de compresie. Mărirea gradului de compresie determină creșterea temperaturii și presiunii. Spre exemplu prin mărirea gradului de compresie de la 3,5 la 7, presiunea la sfîrșitul cursei de compresie crește de la 5 la 13 kg/ cm^2 și temperatura de la 390 la 480°C. Rezultă că o dată cu creșterea gradului de compresie va crește și viteza de ardere și ca urmare va fi necesar ca unghiul de avans fix la aprindere să scadă.

Menționăm că în prezent există tendința de creștere a gradului de compresie la motoarele pentru autovehicule.

Puterea dezvoltată de motor. O dată cu creșterea puterii dezvoltate de motor crește și cantitatea de amestec combustibil adusă în cilindri și ca

urmare cresc presiunea și temperatura la sfîrșitul cursei de compresie. Avînd o viteză de ardere mai mare trebuie să se reducă unghiul de avans la aprindere. Reglarea unghiului de avans la aprindere în funcție de sarcina motorului se realizează cu ajutorul regulatoarelor prin depresiune, montate pe aparatele de aprindere.

Tipul combustibilului și detonația. Prin detonație se înțelege arderea anormală cu caracter exploziv a amestecului de combustibil, care are loc cu viteză mai mare decît cea corespunzătoare arderii normale (1500...2000 m/s). Detonația apare la anumite temperaturi și presiuni, care depind de tipul combustibilului utilizat caracterizat prin cifra sa octanică. Cu cît cifra octanică a combustibilului este mai ridicată, cu atît amestecul de combustibil detonează la presiuni și temperaturi mai ridicate.

Întrucît presiunea și temperatura la sfîrșitul cursei de compresiune depind de gradul de compresiune al motorului, rezultă că pentru fiecare motor se recomandă combustibil cu o anumită cifră octanică. De asemenea pentru fiecare regim de lucru al motorului rezultă o anumită limită pentru unghiul de avans, întrucît la unghiuri de avans mari pot apărea detonații. Din cele de mai sus deducem că la schimbarea combustibilului trebuie să se schimbe și unghiul de avans limită; la combustibilii cu cifră octanică ridicată se mărește unghiul de avans limită, iar la cei cu cifră mică se reduce (fig. 8.7).

Modificarea unghiului de avans limită pentru diverse cifre octanice se face cu ajutorul selectorului octanic al aparatului de aprindere.

8.3.3. INFLUENȚA FACTORILOR EXTERNI ASUPRA TENSIUNII DE STRĂPUNGERE

Tensiunea de străpungere a spațiului dintre doi electrozi depinde de distanța dintre ei, de presiunea și temperatura gazului dintre aceștia și alți factori. În fig. 8.8 sînt reprezentate curbele de dependență ale tensiunii de străpungere a aerului în funcție de produsul între presiune și distanță pentru diferite temperaturi.

Se observă că tensiunea de străpungere crește odată cu creșterea presiunii p și a distanței d între electrozi și scade o dată cu creșterea temperaturii τ. În cazul bujiilor pentru care avem valori mari ale produsului pd se poate considera o variație liniară a tensiunii de străpungere fiind valabilă relația

$$U_{str} = U_0 + c\frac{pd}{\tau}, \tag{8.5}$$

în care c=const. Spre exemplu pentru distanțele dintre electrozi d=0,5 mm, presiunea p= 5 kgf/cm^2 și temperatura τ =500°C rezultă o tensiune de străpungere U_{str} = 4 kV.

Influența turației motorului. La pornire temperatura amestecului de combustibil fiind mai scăzută datorită pereților reci ai cilindrilor, sînt necesare tensiuni de străpungere ridicate. Tensiunea de străpungere crește odată cu turația de pornire din cauză că și presiunea la sfîrșitul cursei de

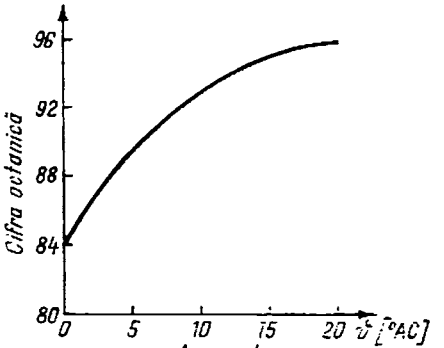


Fig. 8.7

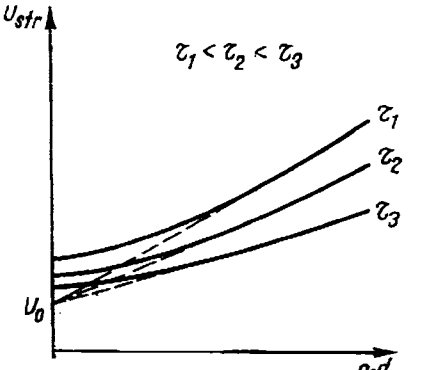


Fig. 8.8

compresie crește o dată cu turația (zona *OA* fig. 8.9). După pornire, la funcționarea normală tensiunea de străpungere necesară este mai mică. O dată cu creșterea turației la început (zona *ab* fig. 8.9) presiunea crește mai repede decît temperatura electrozilor astfel că tensiunea de străpungere crește. După atingerea unui maxim, tensiunea începe să scadă (zona *bc* fig. 8.9) Aceasta se explică prin faptul că o dată cu creșterea turației temperatura electrodului central crește mult datorită numărului mare de scîntei pe ciclu, în timp ce presiunea la sfîrșitul cursei de compresie scade datorită înrăutățirii umplerii cilindrului.

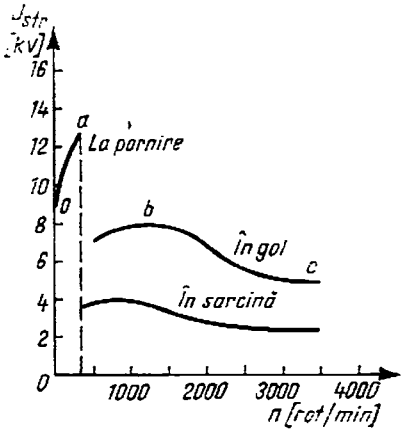


Fig. 8.9

Trebuie să menționăm că dimensionarea aparatelor de aprindere trebuie făcută pentru tensiunea de străpungere maximă, deci pentru pornire.

Influența compoziției amestecului. Creșterea sau scăderea coeficientului de exces de aer față de amestecul optim determină reducerea temperaturii gazelor de combustie, astfel încît tensiunea de străpungere trebuie să crească atît pentru amestecurile sărace cît și pentru cele bogate. Menționăm totuși că variațiile tensiunii de străpungere în funcție de compoziția amestecului sînt mici (fig. 8.10, *a*).

Influența gradului de compresie. O dată cu creșterea gradului de compresie crește presiunea în cilindru și ca urmare crește tensiunea de străpungere necesară. La grade de compresie mari creșterea tensiunii este atenuată de creșterea temperaturii (fig. 8. 10, *b*).

Influența unghiului de avans. La unghiuri mici de avans ale aprinderii în momentul producerii scînteilor apar presiuni mai mari decît la unghiuri mari. De aceea cu creșterea unghiului de avans la aprindere, tensiunea de

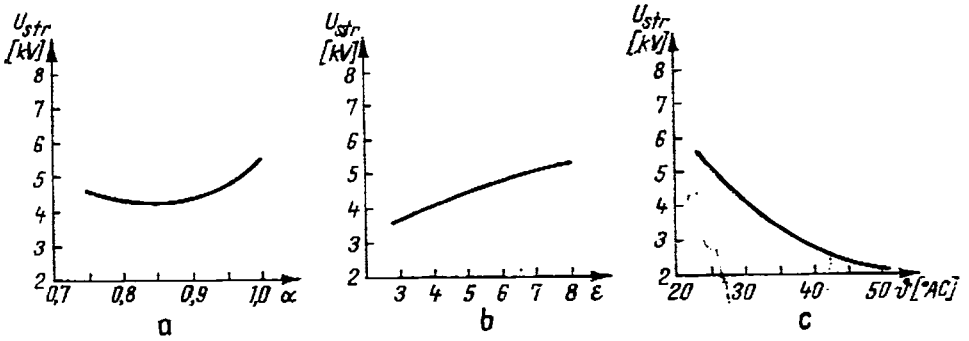


Fig. 8.10

străpungere scade. În fig. 8.10, *c* sînt arătate curbele tensiunii de străpungere în funcție de unghiul de avans.

Influența puterii dezvoltate pe motor. Creșterea sarcinii motorului determină creșterea presiunii la sfîrșitul cursei de compresiune și ca urmare creșterea tensiunii de străpungere. La sarcini mari ale motorului începe să crească temperatura gazelor și a electrodului central, ceea ce face să se compenseze influența creșterii presiunii. Ca urmare tensiunea de străpungere rămîne practic constantă.

Menționăm că în afară de factorii amintiți mai sus, asupra valorii tensiunii de străpungere influențează forma, dimensiunile și materialul electrozilor, starea lor de curățenie etc.

8.3.4. ENERGIA MINIMĂ NECESARĂ PENTRU APRINDEREA AMESTECULUI DE COMBUSTIBIL

Pentru explicarea aprinderii amestecului combustibil există mai multe teorii. După *teoria termică* înainte de aprindere, în cilindru, amestecul combustibil prin comprimare este încălzit pînă aproape de autoaprindere. Scînteia ridică local temperatura peste temperatura de autoaprindere și declanșează reacția chimică de ardere. După *teoria electrică* căldura produsă de scînteie activează particulele (ionii) și rupe moleculele. Moleculele activate constituie centre de reacție pentru ardere, chiar dacă nu s-a ajuns la temperatura de autoaprindere.

În practică se constată că energia necesară pentru declanşarea arderii este mult mai mare la pornire decît la funcţionarea normală. Cu cît energia disponibilă a scînteii la pornire este mai mare cu atît durata pornirii este mai mică (fig. 8.11).

Menţionăm că în general sistemele de aprindere fără dispozitive speciale asigură la pornire energii mai mici decît la mersul normal. Astfel sistemele de aprindere de la baterie au tensiuni reduse datorită căderilor de tensiune provocate de curentul absorbit de demaror, iar sistemele cu magnetou au tensiuni reduse datorită turaţiilor scăzute. Pentru compensarea acestor neajunsuri, la sistemele de aprindere de la baterie se utilizează rezistenţe auxiliare care se scurtcircuitează la pornire, iar la sistemele de aprindere cu magnetou se utilizează acceleratoare de pornire.

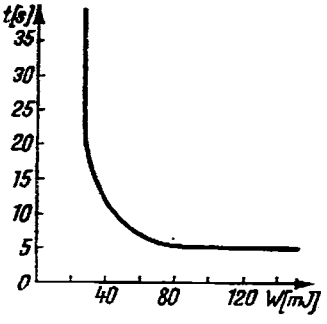


Fig. 8.11

Energia necesară producerii scînteilor este influenţată şi de compoziţia amestecului. Pentru valori ale coeficientului de exces de aer $\alpha = 0{,}6..0{,}7$ se obţine energia minimă, iar pe măsură ce amestecul sărăceşte, energia necesară creşte.

8.3.5. DETERMINAREA CARACTERISTICILOR DE AVANS ALE MOTOARELOR

Determinarea caracteristicilor de avans se efectuează separat pentru avansul în funcţie de turaţie şi pentru avansul în funcţie de depresiune.

Pentru determinarea *avansului în funcţie de turaţie* se determină, prin încercări pe stand, curbele puterii motorului la sarcina totală în funcţie de unghiul de avans, pentru diferite turaţii constante ale motorului. După cum rezultă din figura 8.12, *a* aceste curbe prezintă cîte un maxim corespunzător puterilor maxime. Pe aceeaşi diagramă s-a reprezentat curba care limitează domeniul de detonaţii, respectiv domeniul în care motorul bate sau prezintă alte neregularităţi în timpul mersului. Caracteristica de bază avans funcţie de turaţie se obţine unind punctele corespunzătoare valorilor maxime obţinute la fiecare turaţie în domeniul fără detonaţii şi dacă în unele cazuri acest lucru nu este posibil punctele aproape de limita de detonaţie fig. 8.12, *b*.

Drept cîmp de toleranţe se ia un domeniu ale cărui limite corespund la momentele de aprindere pentru care pierderea puterii faţă de puterea maximă reprezintă 1%. De obicei caracteristica de avans funcţie de turaţie începe numai de la o anumită turaţie, mai mare decît turaţia de mers în gol, pînă la care avansul se menţine constant, corespunzător avansului fix.

Reglarea *avansului în funcţie de depresiune* realizează de fapt reglarea în funcţie de sarcina motorului. În acest caz se pune condiţia ca pentru

diferite sarcini corespunzătoare la diferite poziții ale clapetei carburatorului, să se obțină puteri maxime sau consumuri minime de combustibil. De obicei se urmărește ca la sarcini parțiale ale motorului să se obțină reduceri ale consumului de combustibil.

Pentru determinarea avansului în funcție de depresiune se determină întîi, prin încercări pe stand, curbele de consum la sarcini parțiale pentru turația constantă a motorului (fig. 8.13, *a*). Aceste curbe prezintă valori minime corespunzătoare consumurilor minime, cu ajutorul cărora se poate

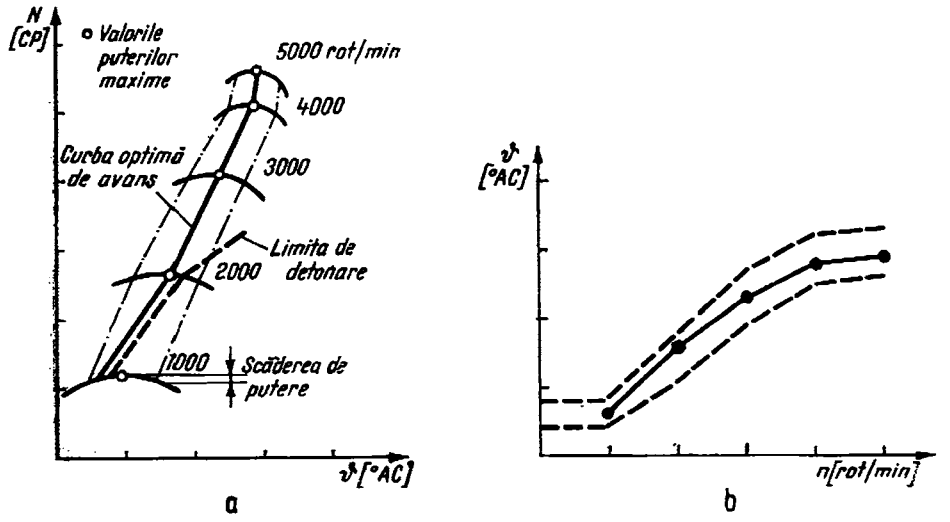


Fig. 8.12

determina caracteristica de avans. Cîmpul de toleranțe se stabilește pentru o abatere de 1% față de valorile minime ale consumului. Pe de altă parte este necesar să se cunoască depresiunile care apar în tubul de racord la carburator pentru diferite sarcini parțiale, respectiv deschideri ale clapetei carburatorului (fig. 8.13, *b*). Cu ajutorul acestor curbe ținînd seama de avansul corespunzător sumei dintre avansul fix și avansul funcție de turație, se determină caracteristicile de avans funcție de depresiune (fig. 8.13, *c*).

8.3.6. ALEGEREA RAPORTULUI DE TRANSMISIE LA APARATELE DE APRINDERE

Raportul de transmisie de la aparatele de aprindere la arborele cotit al motorului depinde atît de numărul de cilindri ai motorului z, cît și de numărul de scîntei produse la o rotație a arborelui aparatului de aprindere a.

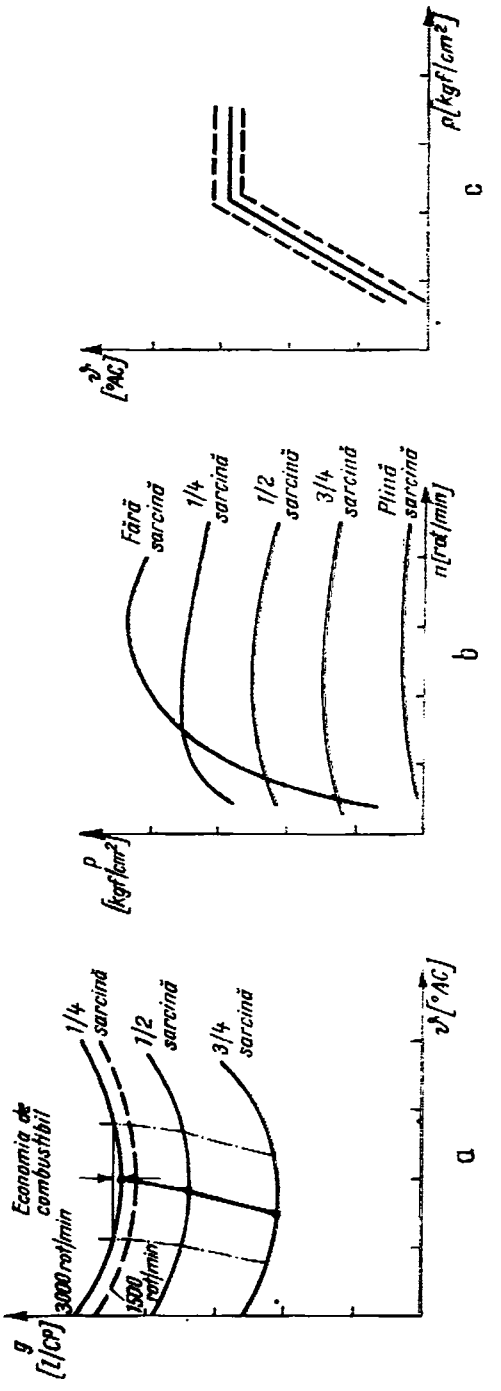


Fig. 8.13

La o rotație a arborelui cotit al unui motor în patru timpi trebuie să se producă $\frac{z}{2}$ scîntei. Dacă la o rotație a arborelui aparatului de aprindere se produc a scîntei, raportul de transmisie de la arborele aparatului de aprindere la motor va fi

$$k_a = \frac{n_a}{n_m} = \frac{z}{2a}. \qquad (8.6)$$

În cazul aparatelor de aprindere de la baterie, pentru a nu avea turații prea mari ale ruptor-distribuitoarelor se alege $a = z$, de unde rezultă $k_a = \frac{1}{2}$. În cazul magnetourilor turația nu trebuie să fie prea mică, pentru a nu avea dificultăți la pornire. Pe de altă parte turația maximă este limitată ținînd seama de rezistența mecanică a rotorului, de funcționarea fără vibrații a întreruptorului etc. Rezultă că numărul de cilindri ai motorului, turația de pornire și turația maximă determină tipul magnetoului și raportul de transmisie. Pentru motoare cu $z = 1 \ldots 4$ se aleg magnetouri cu una sau două scîntei la o rotație ($k_a = 0{,}5$), iar pentru motoare cu $z > 4$ se aleg magnetouri cu $\geqslant 4$ scîntei la o rotație ($k_a = 0{,}5 \ldots 1{,}5$).

8.3.7. ANTIPARAZITAREA SISTEMELOR DE APRINDERE

Sistemul de aprindere reprezintă cea mai mare sursă de producere a paraziților radiofo-

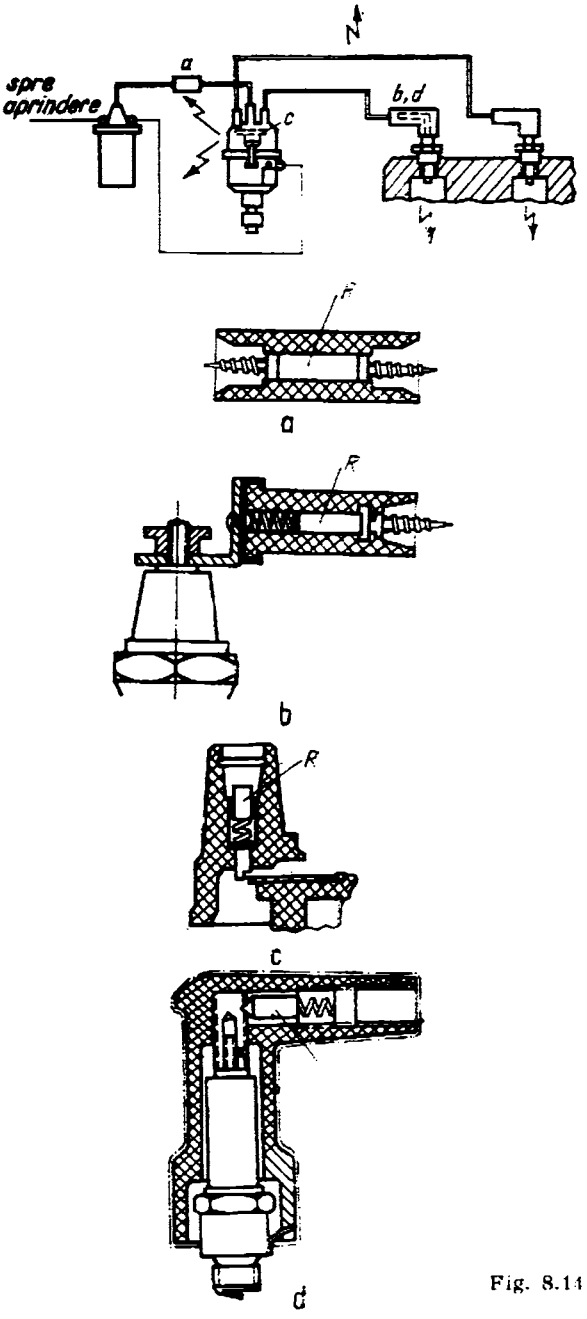


Fig. 8.11

nici de pe autovehicule, datorită descărcărilor electrice care apar la bujii, la distribuitor şi la contactele întreruptorului.

De obicei antiparazitarea sistemelor de aprindere se realizează prin amplasarea unor elemente cu rezistenţe de antiparazitare pe circuitul de înaltă tensiune. În fig. 8.14 se arată astfel de elemente de antiparazitare montate între bobină şi distribuitor *a*, şi între distribuitor şi bujii *b*. În unele cazuri rezistenţa de antiparazitare se montează chiar în distribuitor *c*. Rezistenţele de antiparazitare au valori cuprinse între 6...12 kΩ şi acţionează pentru frecvenţe pînă la 140 MHz. În acelaşi timp trebuie să se ia măsuri pentru limitarea scînteilor, de exemplu prin reducerea distanţei între ploturile de înaltă tensiune ale distribuitorului, reglarea electrozilor bujiilor la distanţele prescrise (0,6...0,9 mm), micşorarea cuplajului electric între circuitele de joasă şi de înaltă tensiune prin depărtarea conductelor între ele etc. De asemenea condensatorul din circuitul primar al ruptor-distribuitorului de aprindere reduce nivelul paraziţilor.

În ultimul timp se utilizează pentru antiparazitare conducte de aprindere cu rezistenţă distribuită. Astfel de conducte (de ex. tip ARELCO) cuprind un miez de material semiconductor cu diametrul 3,2 mm şi rezistenţa 50 ± 10 kΩ/m, deasupra căruia este înfăşurat un fir de oţel cu diametrul 0,14 mm cu un pas de bobinaj 0,2 mm. Conducta este acoperită cu un strat de masă plastică care rezistă la 35 kV. Impedanţa conductei este de 300 Ω/m.

Pentru realizarea unei antiparazitări şi mai bune care să acţioneze pentru frecvenţe pînă la 300 MHz este necesar să se ecraneze fişele pentru bujii (fig. 8.14, *d*) sau chiar şi celelalte produse din sistem : bobina de aprindere, ruptor-distribuitorul de aprindere şi cablurile de legătură.

8.4. ÎNCERCĂRILE ŞI VERIFICĂRILE SISTEMELOR DE APRINDERE

8.4.1. UTILAJE PENTRU ÎNCERCAREA ŞI VERIFICAREA SISTEMELOR DE APRINDERE

Aparatele de măsură şi utilajele pentru încercarea sistemelor de aprindere trebuie să asigure posibilitatea de măsurare a diferitelor mărimi care interesează în timpul funcţionării pe motor ca : tensiuni, turaţii, depresiuni de comandă etc. Bancurile de încercări trebuie să poată imita regimurile de lucru la care sînt supuse aparatele pe motor, ca de exemplu antrenarea la turaţie veriabilă, producerea depresiunilor pentru regulatoarele prin depresiune etc. Dintre utilajele pentru sistemele de aprindere fac parte : bancurile pentru încercarea : ruptor-distribuitoarelor, bobinelor de aprindere şi magnetourilor, dispozitivele pentru încercarea bujiilor, analizoarele electronice şi aparatajul (testerele) pentru verificarea sistemelor de aprindere pe motor.

Pentru măsurarea tensiunilor înalte produse de aparatele de aprindere se utilizează descărcătoare cu trei electrozi, kilovoltmetre şi osciloscoape electronice. În fig. 8.15, *a* este arătată forma şi dimensiunile principale ale unui *descărcător pentru aprindere.* Descărcătorul cuprinde trei electrozi dintre care cei doi principali sînt aşezaţi faţă în faţă, iar al treilea care serveşte pentru ionizare este amplasat înclinat în apropierea unuia dintre electrozii principali cu care este legat electric. Electrozii se execută din sîrmă de nichel cu diametrul $d = 1{,}5 \ldots 2{,}5$ mm, au capetele cu coni-

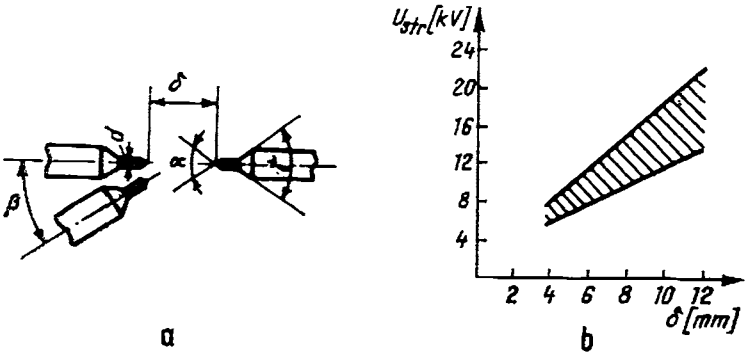


Fig. 8.15

citatea $\alpha = 30 \ldots 55°$ şi raze de rotunjire de maximum 0,15 mm. Electrodul de ionizare este înclinat cu $\beta = 65 \ldots 90°$ şi se află la o distanţă de 0,075... 0,1 mm faţă de electrodul principal. Dependenţa între tensiunea de vîrf şi distanţa dintre electrozi în aer, la temperatura şi presiunea normală este arătată în fig. 8.15, *b* (la 7 mm corespund aproximativ 11 kV).

Măsurarea tensiunii se poate face mai precis cu ajutorul unor kilovoltmetre (cu precizie $\pm 1{,}5\%$). Se utilizează fie kilovoltmetre electrostatice cu redresor, fie kilovoltmetre de compensaţie. Măsurările cu kilovoltmetrul se fac avînd circuitul de aprindere deschis sau închis prin rezistenţe de şuntare ($R_s = 0{,}2$; 0,5 ; 1 sau 3 MΩ).

Pentru a determina atît valoarea vîrfului de tensiune cît şi forma curbei acesteia se folosesc în prezent osciloscoape electronice speciale pentru înaltă frecvenţă dotate cu atenuatoare capacitive.

Bancul pentru încercarea ruptor-distribuitorului de aprindere. Acest banc cuprinde de obicei un motor de antrenare cu turaţia variabilă de la 10 la 4000 rot/min, care asigură o stabilitate de $\pm 1\%$, fiind prevăzut cu un bloc pilot de antrenare cu control stroboscopic. Bancul are un suport care permite determinarea unghiurilor de defazaj între scîntei şi a unghiurilor de avans şi mai multe descărcătoare cu trei electrozi pentru producerea scînteilor. Bancul mai cuprinde un tahometru, un aparat pentru măsurarea unghiurilor şi un vacuummetru.

Tahometrul utilizat pentru măsurarea turațiilor poate fi mecanic sau electric. Pentru măsurări precise se utilizează uneori frecvențmetre numerice.

Aparatul pentru măsurarea unghiurilor numit și *dwellmetru* servește la determinarea unghiurilor relative de închidere a contactelor. Funcționarea aparatului se bazează pe însumarea impulsurilor de tensiune produse

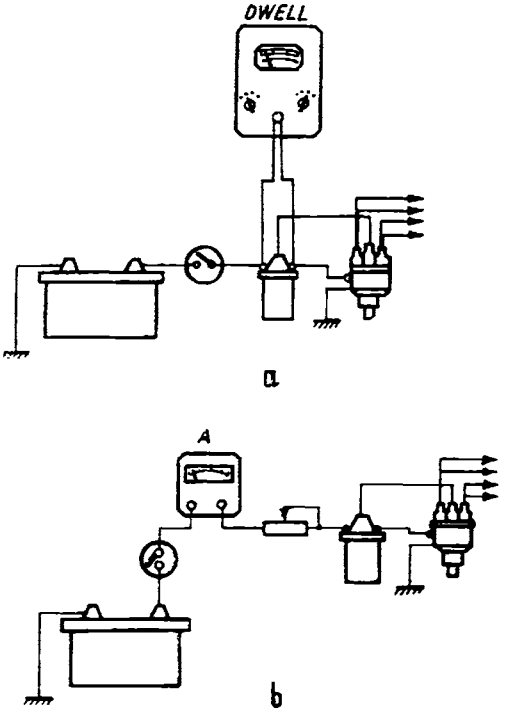


Fig. 8.16

în înfășurarea primară a bobinei de aprindere într-un anumit timp (fig. 8.16, *a*). Menționăm că pentru măsurarea unghiului relativ de închidere a contactelor se mai poate folosi un ampermetru (de obicei clasa 0,5), conectat în circuitul primar al sistemului de aprindere, în serie cu contactele și cu o rezistență a cărei valoare se alege astfel ca intensitatea curentului din circuit să fie egală cu 1 A, atunci cînd contactele sînt permanent închise (fig. 8.16, *b*). Valoarea curentului exprimată în procente reprezintă unghiul relativ de închidere a contactelor. Unghiul relativ de închiderea contactelor variază cu turația.

Măsurarea depresiunilor se poate face cu un vacuummetru mecanic sau mai precis cu ajutorul unei coloane de apă dintr-o țeavă gradată.

În ultimul timp pentru determinarea caracteristicii de avans au început să se utilizeze dispozitive cu tuburi catodice pe care se trasează direct curba de avans a aprinderii în funcţie de viteză sau de depresiune. Un astfel de tub are ecranul de 1 dm² gradat de la 0 la 25° în sens vertical şi de la 0 la 3500 rot/min respectiv 0 la 50 mm Hg în sens orizontal. Se pot aprecia abateri de 1/4 grade sau 10 rot/min.

Încercarea bobinelor de aprindere se poate face fie pe un banc de încercat ruptor-distribuitoare, fie pe un banc special, care cuprinde un motoraş electric ce antrenează cama unui dispozitiv de întrerupere a curentului primar.

Încercarea magnetourilor se face pe bancuri similare cu cele ale ruptoar-distribuitoarelor cu menţiunea că axul de antrenare al acestora este orizontal în loc să fie vertical.

La încercarea bujiilor se folosesc bancuri prevăzute cu camere în care se poate mări presiunea aerului şi cu dispozitive pentru producerea tensiunii înalte. Camerele au de obicei vizor şi permit compararea funcţionării cu o bujie etalon.

Verificarea funcţionării aparatelor de aprindere pe motor. Această verificare se face cu ajutorul aparaturii portabile sau transportabile, care permite efectuarea rapidă a măsurărilor. Această aparatură cuprinde de obicei : testerul pentru unghiuri de închidere, testerul pentru tensiuni de aprindere, pistolul stroboscopic, testerul pentru unghiuri de avans, testerul pentru depresiuni şi uneori analizorul electronic, care sînt prezentate pe scurt în continuare.

Testerul pentru unghiuri de închidere a contactelor (dwellmetru) este asemănător cu dispozitivul utilizat pe bancuri şi măsoară unghiurile relative de închidere a contactelor. De obicei acelaşi aparat se foloseşte şi pentru măsurarea turaţiilor, întrucît după cum s-a arătat poate însuma numărul de impulsuri date de bobina de aprindere într-un anumit timp (fig. 8.16). Dacă testerul nu are alimentare proprie atunci trebuie făcută şi o legătură la masă.

Testerul pentru tensiuni este un kilovoltmetru cu alimentare proprie sau de la bateria autovehiculului. Aparatul este prevăzut cu conducte şi clemc pentru conectare şi cu rezistenţe de şuntare pentru verificarea bobinelor de aprindere în sarcină. Kilovoltmetrul măsoară numai impulsurile negative de tensiune aşa că este necesar ca atît conectările schemei cît şi legarea înfăşurărilor bobinei de aprindere să fie corespunzătoare. În fig. 8.17, *a* se arată schema de legături pentru verificarea bobinei de aprindere, iar în fig. 8.17, *b* schema pentru verificarea funcţionării bujiilor. În primul caz se observă conectarea bobinei la aparatul care conţine un vibrator propriu pentru întreruperea curentului primar şi prezenţa unei rezistenţe de şuntare în circuitul secundar. De obicei acelaşi tester mai cuprinde un capacimetru şi un megohmmetru.

Pistolul stroboscopic este un aparat care serveşte pentru determinarea unghiurilor de avans la aprindere direct pe motor. Aparatul este alimentat

în așa fel încît în momentul producerii scînteilor se aprinde lampa sa, care iluminează volantul motorului permițînd citirea gradațiilor corespunzătoare unghiurilor de pe acesta.

Testerul pentru unghiuri de avans servește pentru determinarea unghiurilor de avans cînd nu se poate face citirea directă a acestora pe volantul motorului, spre exemplu atunci cînd nu se poate vedea cu pistolul stroboscopic decît semnul corespunzător punctului mort superior. În acest

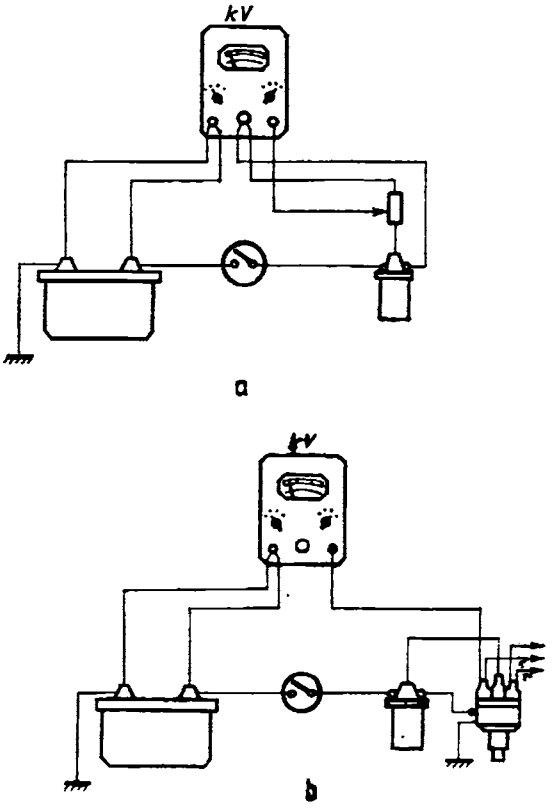


Fig. 8.17

caz, se poate face vizibil semnul corespunzător unui unghi oarecare, alimentînd pistolul stroboscopic prin intermediul testerului pentru unghiuri de avans. Se întîrzie producerea impulsurilor la pistolul stroboscopic rotind butonul testerului, iar unghiul de avans se citește direct pe cadranul indicator al testerului.

Testerul pentru depresiuni servește pentru verificarea caracteristicilor de avans prin depresiune și cuprinde în afară de manometrul de măsură,

un ventil regulator care poate modifica valoarea depresiunii în conducte ruptor-distribuitorului de aprindere. Se stabileşte o turaţie ridicată a motorului pentru care se asigură depresiunea maximă şi apoi cu ajutorul ventilului se reglează depresiunea la diferite valori ale caracteristicii

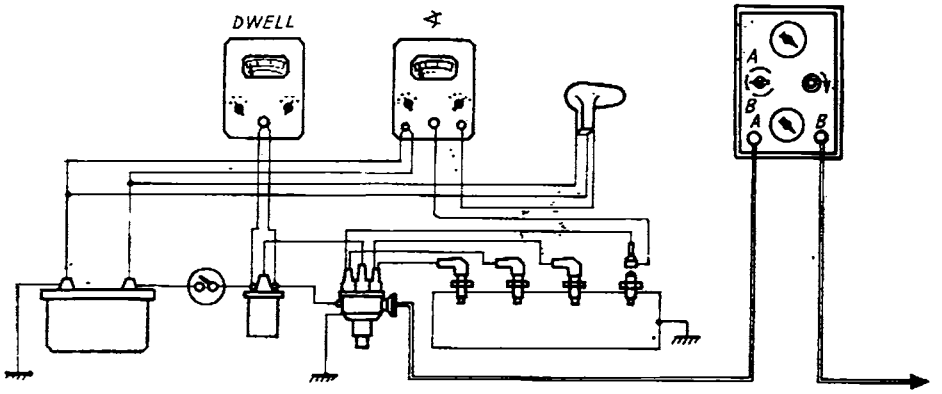


Fig. 8.18

pentru care se măsoară unghiurile de avans. Un exemplu de schemă folosită este arătat în fig. 8.18.

Pentru verificarea caracteristicii de avans funcţie de turaţie se foloseşte instalaţia din fig. 8.18 fără testerul pentru depresiuni. Se stabilesc anumite turaţii ale motorului, măsurate cu testerul pentru turaţii şi pentru fiecare din acestea cu ajutorul testerului pentru unghiuri de avans şi a pis-

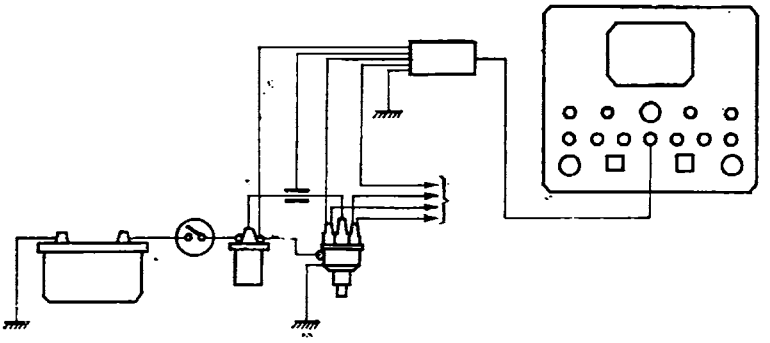


Fig. 8.19

tolului stroboscopic se verifică unghiurile de avans corespunzătoare. În acest caz se decuplează conducta regulatorului de avans prin depresiunea ruptor-distribuitorului.

Analizorul electronic numit şi igniscop serveşte la verificarea echipamentului de aprindere direct pe motor, fără a demonta aparatele şi fără

a se stabili vre-o legătură mecanică cu motorul. Alimentarea analizorului se face fie de la rețea fie de la bateria autovehiculului. Pe ecranul tubului catodic apar de obicei curbele tensiunii secundare sau primare care sînt sincronizate cu turția motorului. În fig. 8.19 este arătat un exemplu de schemă de conectare a sistemului de aprindere la analizorul electronic.

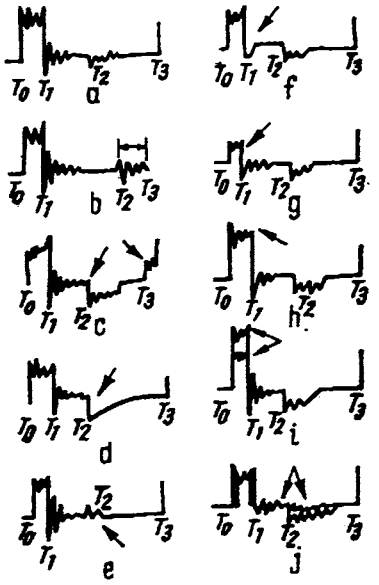


Fig. 8.20

Determinarea bunei funcționări sau a defecțiunilor sistemului de aprindere se poate face oscilografiind tensiunea secundară. Oscilograma normală (fig. 8.20, *a*) cuprinde trei zone principalc : zona $T_0 - T_1$ corespunzătoare descărcării prin scîntei, $T_1 - T_2$ corespunzătoare oscilațiilor de tensiune la sfîrșitul descărcării, $T_2 - T_3$ corespunzătoare înmagazinării energiei în bobină. Deschiderea contactelor are loc în momentul T_0 (respectiv T_3), iar închiderea contactelor în momentul T_2.

Dintre defecțiunile cele mai des întîlnite arătăm (fig. 8.20) :

b — Unghiul de închidere a contactelor prea mic, ceea ce face să se micșoreze zona $T_2 - T_3$;

c — contactele defecte determină închideri și deschideri necorespunzătoare care se observă în punctele T_0, T_2, T_3;

d — capacitatea condensatorului prea mare determină atenuarea oscilațiilor de tensiune în zona $T_2 - T_3$;

e — rezistența prea mare a înfășurării primare deformează curba tensiunii în zona $T_2 - T_3$;

f — pierderile în bobina de aprindere determină deformarea curbei tensiunii în zona $T_1 - T_2$;

g — rezistența secundară mică sau distanța mică între electrozii bujiilor determină scăderea valorii tensiunii secundare în zona $T_0 - T_1$;

h — rezistența secundară mare sau distanța mare între electrozii bujiilor determină creșterea valorii tensiunii secundare în zona $T_0 - T_1$;

i — distanța inegală între electrozii bujiilor determină apariția mai multor curbe în zona $T_0 - T_1$;

j — deschiderile inegale ale contactelor datorită neuniformităților camei determină curbe diferite ale tensiunii, cu deplasarea punctelor T_0, T_1, și T_2.

8.4.2. VERIFICĂRILE SISTEMELOR DE APRINDERE PE AUTOVEHICULE

Încercările sistemelor de aprindere direct pe autovehicule au scopul de a verifica funcționarea corectă a acestora în condițiile de exploatare

şi corelarea lor corespunzătoare cu celelalte componente ale motorului (de ex. carburatorul).

În cazul sistemelor de aprindere de la baterie încercările cuprind verificarea ruptor-distribuitoarelor (în special a întreruptorului şi dispozitivelor de avans), a bobinelor de aprindere şi a bujiilor.

Verificarea întreruptoarelor ruptor-distribuitoarelor se face cu testerul pentru unghiuri (v. fig. 8.16). Acesta poate da indicaţii asupra respectării distanţei între contacte, murdărirea sau arderea contactelor şi bătaia arborelui ruptor-distribuitorului. În aceste cazuri apar deviaţii mari, oscilaţii sau salturi ale acului indicator al testerului.

Unghiul de avans fix se poate verifica cu pistolul stroboscopic sau cu o lampă de probă conectată în paralel cu contactele. Se notează pe volantul motorului semnul corespunzător punctului superior al cursei pistonului şi se roteşte arborele cotit cu manivela sau cu ajutorul demarorului, deconectînd aprinderea. În momentul în care pistolul stroboscopic sau lampa de probă produce iluminare, se notează pe volant semnul corespunzător şi astfel se poate determina unghiul de avans.

Verificarea caracteristicilor de avans pe motor se face cu ajutorul testerelor pentru unghiuri şi pentru depresiuni (v. fig. 8.18). În cazul în care se obţin valori ale caracteristicilor de avans prin depresiune diferite faţă de cele prescrise, defectele pot fi găuri la carburator, conducte înfundate, racorduri sau membrane de la distribuitor neetanşe, arcul membranei regulatorului defect. Dacă se obţin valori diferite ale caracteristicii de avans funcţie de turaţie, faţă de cele prescrise, rezultă că există defecţiuni ale regulatorului centrifugal, al ruptor-distribuitorului (arcuri rupte sau dereglate, becuri murdare etc.).

Bobina de aprindere se verifică cu ajutorul testerului pentru tensiuni (kilovoltmetrului) conectînd o rezistenţă de şuntare conform fig. 8.17, *a* la borna de înaltă tensiune a bobinei. Valorile prea mici ale tensiunilor arată prezenţa unui defect în bobină.

Măsurarea tensiunilor de aprindere la bujiile motorului se face utilizînd schema din fig. 8.17, *b*. Întrucît tensiunea la bujii este influenţată de mulţi factori (rezistenţa de şuntare, temperatura, gradul de compresiune, compoziţia amestecului etc). nu se pot prescrie valori pentru aceasta decît pe baza experienţei. Se pot face aprecieri comparative în special dacă tensiunea la două bujii diferă cu mai mult de 1 kV. Aceasta arată că electrozii pot fi : arşi, cu distanţă prea mare, sau că există întreruperi sau scurtcircuite în circuitul de aprindere. Pentru măsurători motorul încălzit se lasă la turaţia de mers în gol. Datorită faptului că aparatul măsoară valori de vîrf care variază în timp, acul indicatorului oscilează între o valoare maximă şi una minimă : trebuie luată în considerare valoarea medie. La creşterea turaţiei motorului tensiunea de aprindere scade, iar la deschiderea clapetei carburatorului (mai mult combustibil) tensiunea de aprindere creşte.

În tabelul 8.1 sînt arătate principalele caracteristici ale unor sisteme de aprindere de la baterie.

Tabelul 8.1

Principalele caracteristici ale sistemelor de aprindere de la baterie

Caracteristicile	Tipul autovehiculului				
	SR 101	SR 131	ARO 240	Dacia 1100	Dacia 1300
Tipul bobinei de aprindere	BA1	BAR 1 (sau 3110)	3130	3130	3130
Tipul ruptor-distribuitorului	5D6	2D8A	8D4A	4 145	3230
Tipul bujiei	M14—145	M18—175	M18—175 (M14—175)	AC44P	AC43F
Raportul de transmisie la ruptor-distribuitor	1 : 2	1 : 2	1 : 2	1 : 2	1 : 2
Numărul de cilindri	6	8	4	4	4
Tipul benzinei	CO75R	CO75R	CO75R	CO98R	CO98R
Turația minimă la ruptor-distribuitor, rot/min	100	100	100	200	200
Turația maximă la ruptor-distribuitor, rot/min	1 500	2250	2000		
Tensiunea secundară la turația minimă, kV			9	9	9
Tensiunea secundară de vîrf, kV		> 23	> 13	> 13	> 13
Distanța între eclatoare (minimă), mm	7	7	—	—	—
Timpul relativ de închiderea contactelor, %	—	58...64	58...64	58...64	58...64
Avansul fix prescris, AC		10	8		
Domeniul avansului centrifugal, °AD	0...10	—	0...22	0...20	0...20
Domeniul de turații pentru reglajul centrifugal, rot/min	0...1500	—	100...2000	500...2000	500...2000
Domeniul avansului pneumatic, °AD	0...9	0...13,5	0...14	0...10	0...15
Domeniul depresiunilor pentru avansul pneumatic, mm Hg	0...400	7,5...50	100...400	110...440	80...340
Distanța între electrozii bujiei, mm	0,8	0,8	0,8	0,5...0,7	0,5...0,7

9. APARATE DE APRINDERE DE LA BATERIE

9.1. APARATE DE APRINDERE CLASICE

9.1.1. DESCRIEREA ŞI CLASIFICAREA APARATELOR DE APRINDERE DE LA BATERIE. PRINCIPIUL DE FUNCŢIONARE

Sistemul de aprindere clasic de la baterie cuprinde (fig. 9.1) : bobina *1*, dispozitivul întreruptor *2*, dispozitivul distribuitor *3* şi bujiile *4*, la care se adaugă conductele de legătură şi bateria de alimentare.

Bobina de aprindere (numită uneori şi bobină de inducţie) are rolul unui transformator, care transformă tensiunea joasă în tensiune înaltă. Ea cuprinde un miez magnetic pe care sînt bobinate înfăşurarea primară şi înfăşurarea secundară formînd de obicei un autotransformator. Uneori în serie cu înfăşurarea primară este conectată o rezistenţă suplimentară.

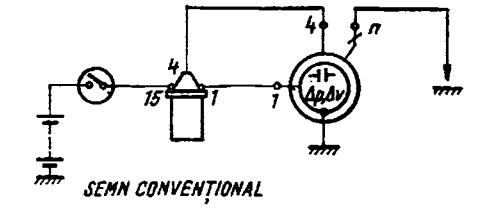
Dispozitivul întreruptor numit şi ruptor, comandă deschiderea şi închiderea contactelor în momentele corespunzătoare producerii scînteilor. El cuprinde arborele cu camă, pîrghia întreruptorului cu contactul mobil, contactul fix şi condensatorul. Dispozitivul întreruptor este în legătură cu dispozitivele automate care modifică unghiul de avans la aprindere.

Dispozitivul distribuitor are rolul de a distribui tensiunea înaltă la bujiile cilindrilor corespunzător ordinei de aprindere şi cuprinde rotorul distribuitorului şi capacul cu ploturile şi bornele.

Dispozitivele întreruptor şi distribuitor fac parte de obicei dintr-un singur produs numit ruptor-distribuitor, distribuitor sau delco.

Principiul de funcţionare al aparatelor de aprindere de la baterie este următorul : la pornirea motorului mişcarea de rotaţie este transmisă arborelui dispozitivului întreruptor, pe care este fixată cama. Prin rotirea camei, pîrghia întreruptorului deplasează contactul mobil astfel că contactele se închid (unghiul α_i fig. 9.1, *b*) stabilind curentul prin înfăşurarea primară a bobinei de aprindere care produce un flux magnetic în miezul bobinei. La rotirea în continuare a camei, contactele se deschid

(unghiul α_d fig. 9.1, *b*) și curentul primar se întrerupe. Odată cu aceasta fluxul magnetic în miezul bobinei variază brusc producînd o tensiune înaltă în înfășurarea secundară. Rotorul distribuitorului care se află în dreptul unui plot al capacului permite transmiterea tensiunii înalte la o bujie la care se produce scînteia.



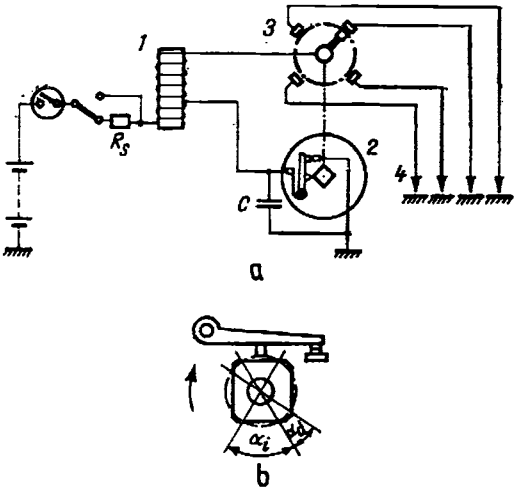


Fig. 9.1

Condensatorul *C* conectat în paralel cu contactele întreruptorului are rolul de a înmagazina o parte din energia arcului electric produs la deschiderea contactelor, contribuind prin aceasta la obținerea unei tensiuni secundare ridicate și la micșorarea uzurii contactelor.

Rezistența suplimentară R_s, numită și rezistența auxiliară sau de pornire, conectată în circuitul primar al bobinei are rolul de a îmbunătăți performanțele sistemului de aprindere la pornire — în acest caz ea este scurtcircuitată, și de a proteja bobina și contactele — în acest caz valoarea ei variază în funcție de temperatură și curent.

Aparatele de aprindere de la baterie se pot clasifica după modul de producere şi distribuire al scînteilor în : aparate de aprindere cu dispozitive întreruptoare şi distribuitoare şi aparate de aprindere cu dispozitive întreruptoare fără distribuitoare.

9.1.1.1. *Aparatele de aprindere cu dispozitive întreruptoare şi distribuitoare*

În mod obişnuit aceste aparate au schema arătată în fig. 9.1, *a* care cuprinde un întreruptor simplu, cu o singură pereche de contacte, iar cama are numărul de proeminenţe egal cu numărul de cilindri. Mărirea timpului relativ de închiderea contactelor, care determină mărirea curentului de rupere şi tensiunii secundare a sistemului de aprindere (v. § 9.1.3.1) se poate face numai prin mărirea unghiului de închidere a contactelor (α_i fig. 9.1, *b*). În cazul unor came cu profiluri avînd colţuri ascuţite apar vibraţii puternice, care împiedică buna funcţionare. De aceea la aceste aparate în practică nu se depăşeşte timpul relativ de închidere a contactelor $\tau_k = 0{,}6 \ldots 0{,}65$.

Pentru motoare cu număr mare de cilindri, la creşterea turaţiei este necesar să se asigure producerea unui număr de scîntei în unitatea de timp, în care scop se utilizează întreruptoare duble cu două perechi de contacte. Acestea se pot conecta pentru funcţionare cu o singură bobină şi dispozitiv distribuitor simplu (fig. 9.2, *a*) sau cu două bobine şi dispozitiv distribuitor dublu (fig. 9.2, *b*).

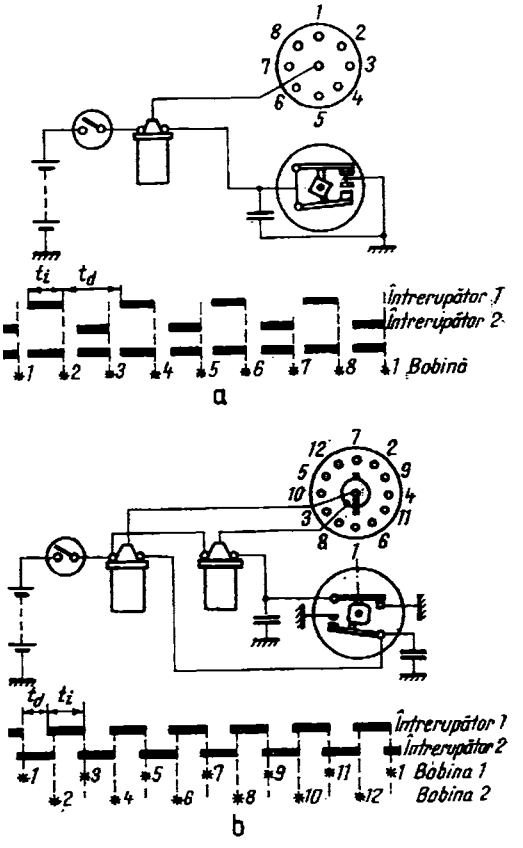


Fig. 9.2

În primul caz (fig. 9.2, *a*), ruptoarele sînt conectate electric în paralel dar funcţionează alternativ (defazate în timp). Numărul de proeminenţe ale camei este egal cu jumătate din numărul de cilindri. Întreruperea curentului are loc numai

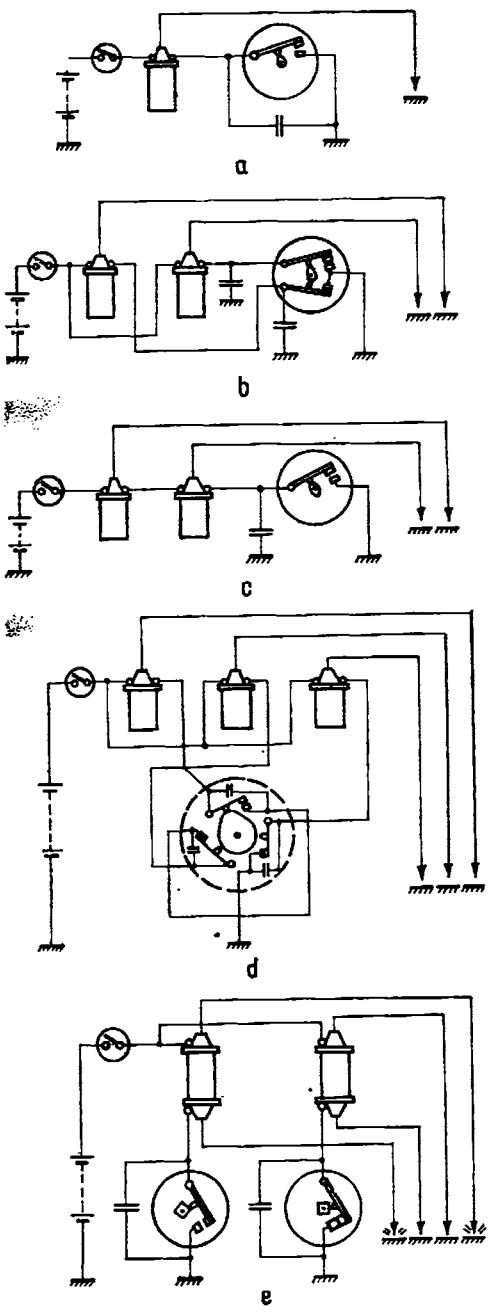


Fig. 9.3

cînd sînt deschise ambele întreruptoare. Rezultă un timp relativ la închiderea contactelor mai mare $\tau_k = 0{,}85$. Sistemul de aprindere are o singură bobină care lucrează pentru toţi cilindrii.

În al doilea caz (fig. 9.2, *b*) cele două ruptoare sînt conectate independent la cele două bobine de aprindere care funcţionează alternativ pentru cîte jumătate din numărul de cilindri. Numărul proeminenţelor camei este şi în acest caz egal cu jumătate din numărul cilindrilor. Bobinele sînt solicitate mai puţin şi prezintă o siguranţă mai mare în funcţionare, în schimb sistemul de aprindere are în acest caz un preţ de cost mai ridicat.

9.1.1.2. *Aparatele de aprindere cu dispozitive întreruptoare fără distribuitoare*

Un alt mod de producere a scînteilor utilizat în special la motoarele cu număr mic de cilindri constă în folosirea a cîte o bobină pentru fiecare cilindru, rezultînd dispozitive întreruptoare fără distribuitoare

În fig. 9.3, *a* este arătată schema unui sistem de aprindere cu un întreruptor simplu cu o camă avînd o singură proeminenţă, utilizat pentru motoare monociclu. În fig. 9.3, *b* întreruptorul dublu este comandat de o camă tot cu o singură proeminenţă. Sistemul are două bobine care sînt legate la cele două bujii ale motorului. Schema din fig. 9.3, *c* utilizată tot pentru motoare cu doi cilindri are bobinele conectate în serie, iar întreruptorul

este simplu cu cama avînd două proeminenţe. În acest caz se produc simultan două scîntei din care una neeficace la sfîrşitul evacuării. În fig. 9.3, *d* este arătată schema unui sistem de aprindere pentru trei cilindri, avînd numerele de întreruptoare şi de bobine egal cu numărul de cilindri (utilizat pe autoturismul Wartburg). În fine în fig. 9.3, *e* este arătată schema sistemului de aprindere pentru patru cilindri cu scînteie pierdută (utilizată pe Honda 600). Sistemul de scîntei în acelaşi timp la doi cilindri (în unul la sfîrşitul compresiei, iar celălalt la sfîrşitul evacuării) şi apoi la ceilalţi doi cilindri. Pentru acesta există un defazaj corespunzător între deschiderile celor două întreruptoare.

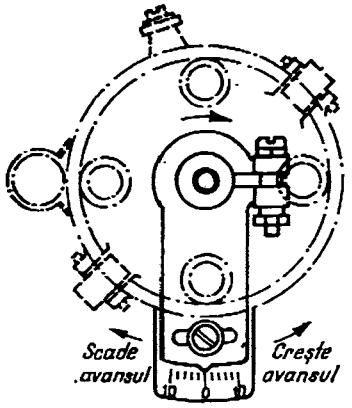
Se mai poate face o clasificare a aparatelor de aprindere de la baterie din punct de vedere al bobinei de aprindere (cu sau fără rezistenţă suplimentară), sau al ruptor-distribuitorului (cu dispozitive de reglare a avansului centrifugal sau prin depresiune) etc.

9.1.2. REGLAREA AVANSULUI LA APRINDERE

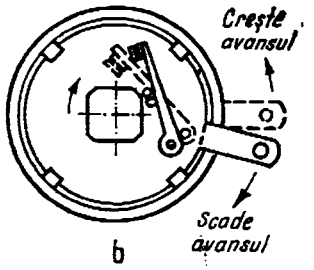
În mod obişnuit avansul la aprindere cuprinde avansul fix stabilit printr-un dispozitiv cu reglare manuală şi avansul variabil în funcţie de turaţie sau sarcină cu ajutorul regulatoarelor automate centrifugal, prin depresiune, sau universal prin depresiune.

9.1.2.1. *Reglarea manuală a unghiului de avans al aprinderii*

Această reglare se poate face prin două metode (fig. 9.4) : prin rotirea corpului ruptor-distribuitorului împreună cu dispozitivul întreruptor sau prin rotirea plăcii de bază a întreruptorului împreună cu dispozitivul întreprutor, fără rotirea corpului ruptor-distribuitorului. În ambele cazuri dacă se roteşte dispozitivul întreruptor în sensul opus rotirii arborelui, pîrghia acestuia este ridicată mai devreme şi momentul aprin-



a



b

Fig. 9.4

derii este avansat. Dacă se roteşte dispozitivul în sensul rotirii arborelui pîrghia este ridicată mai tîrziu şi momentul întreruperii este întîrziat.

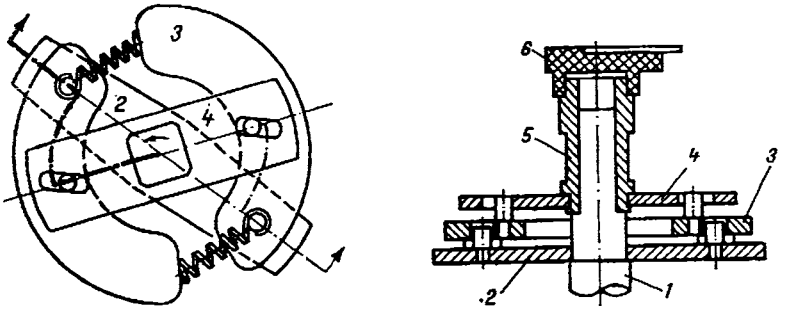
Prima metodă (fig. 9.4, *a*) este utilizată de obicei pe automobile pentru modificarea avansului fix în funcţie de cifra octanică a combustibilului. Deplasarea plăcii pe care este fixat corpul distribuitorului se face cu ajutorul unui selector octanic prin slăbirea unui şurub de strîngere.

A doua metodă (fig. 9.4, *b*) se utilizează în special la motociclete pentru modificarea continuă a avansului. Placa de bază a întreruptorului se roteşte prin deplasarea unei pîrghii.

9.1.2.2. *Regulatorul de avans centrifugal*

Acest regulator numit şi automat centrifugal (fig. 9.5) este un dispozitiv montat în ruptor-distribuitor pe arborele acestuia şi are rolul de a regla avansul la aprindere în funcţie de turaţie (*a*-vedere; *b*-secţiune).

Arborele de antrenare *1* al ruptor-distribuitorului este prevăzut cu o placă cu ştifturi *2* pe care se aşază contragreutăţile *3*. La rîndul lor



a Fig. 9.5 b

contragreutăţile au lame de prindere pe care se montează şi ştifturi de ghidare pentru antrenarea plăcii de conducere *4* prevăzută cu ferestre. Placa de conducere este fixată pe bucşa suport a camei *5* pe care se montează şi rotorul distribuitorului *6*. Pe măsură ce arborele de antrenare depăşeşte o anumită turaţie contragreutăţile se desfac rotindu-se pe placa cu ştifturi. Odată cu contragreutăţile prin intermediul ştifturilor de ghidare se roteşte placa de conducere a bucşei suport a camei faţă de arbore. Prin rotirea camei şi a rotorului distribuitorului faţă de arbore se modifică unghiul de avans la aprindere.

Cuplul datorat forţei centrifuge a contragreutăţilor, care depinde de turaţie, este echilibrat de cuplul datorit forţei elastice a arcurilor care depinde de unghiul de rotire al camei faţă de arbore. Din egalarea celor

două cupluri rezultă că unghiul de avans crește o dată cu creșterea turației. În fig. 9.6 este arătată caracteristica de avans funcția de turație pentru un regulator centrifugal cu două arcuri inegale. Se observă la începutul curbei acțiunea arcului slab în porțiunea *a*, apoi intrarea în acțiune a arcului puternic în porțiunea *b* și la sfîrșit limitarea curbei datorită opririi știfturilor de ghidare de către ferestrele plăcii de conducere porțiunea *c*.

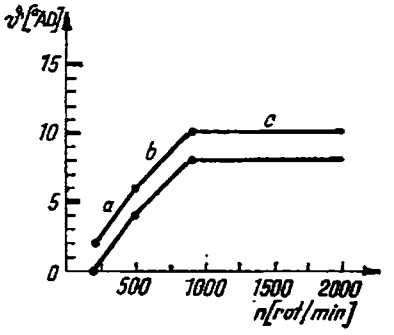


Fig. 9.6

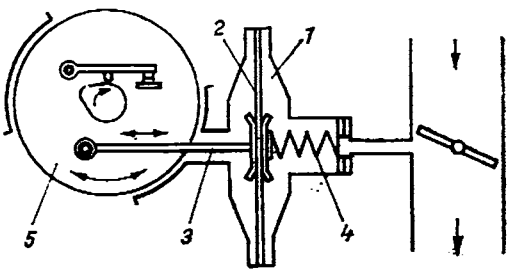


Fig. 9.7

Remarcăm că pentru creșterea avansului cama trebuie să se rotească față de arbore în sensul de rotație a arborelui de antrenare.

9.1.2.3. *Regulatorul de avans prin depresiune*

Acest regulator numit și automat sau corector vacuumatic se montează pe ruptor-distribuitor și are rolul de a modifica unghiul de avans la aprindere în funcție de depresiunile existente în galeriile carburatorului.

Un astfel de regulator (fig. 9.7) conține în primul rînd capsula vacuumatică *1* formată din corpul capsulei cu suportul de fixare pe ruptor-distribuitor și capacul capsulei cu racordul pentru conducta care duce la carburator. În interiorul capsulei se află o membrană *2* pe care este fixată tija *3* de acționare a plăcii întreruptorului *5*, iar în cealaltă parte a membranei se află arcul *4* cu rondelele de reglaj. Placa întreruptorului se poate roti față de carcasa ruptor-distribuitorului fiind prevăzută cu un rulment sau cu o bucșă autolubrifiantă.

Funcționarea regulatorului de avans prin depresiune, cînd variază sarcina motorului la o anumită turație, este următoarea : o dată cu creșterea sarcinii motorului clapeta carburatorului se închide, ceea ce produce creșterea depresiunii în dreptul prizei de vacuum. Prin creșterea depresiunii arcul de reglaj este comprimat, membrana se deplasează și prin intermediul tijei de acționare antrenează placa întreruptorului rotind-o în sens

opus sensului de rotaţie al camei mărind avansul. În fig. 9.8, *a* este arătată caracteristica de avans funcţie de depresiune pentru un regulator prin depresiune.

Depresiunea din conducta de admisie a carburatorului variază în funcţie de puterea motorului şi de turaţie (fig. 9.8, *b*). Odată cu creşterea depresiunii creşte unghiul de avans astfel că la sarcini parţiale unghiul de avans datorit regulatorului de vacuum se adaugă la unghiul datorit regulatorului centrifugal (fig. 8, *c*).

De obicei regulatoarele de avans prin depresiune lucrează împreună cu regulatoarele de avans centrifugale, asigurînd pe ruptor-distribuitoare reglajul automat combinat centrifugal şi de vacuum.

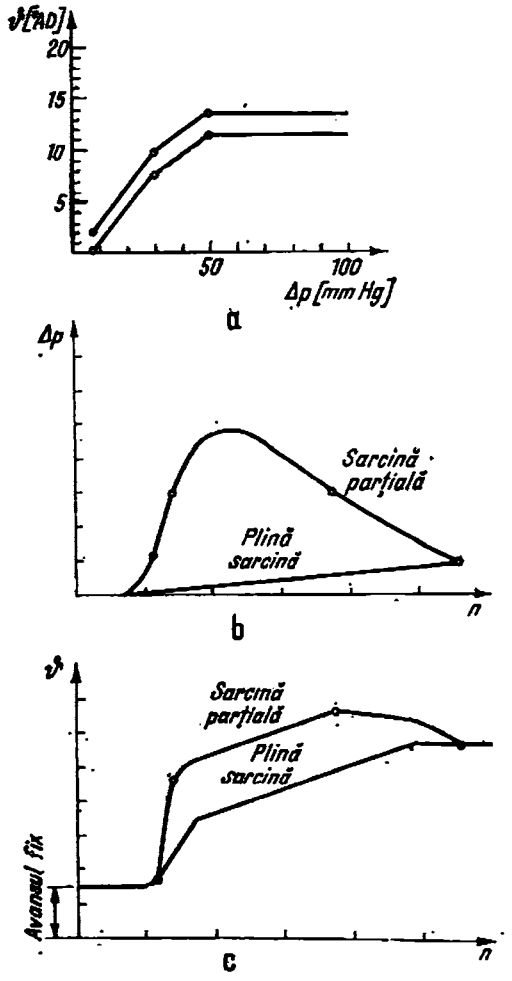


Fig. 9.8

9.1.2.4. *Regulatorul de avans universal prin depresiune*

Acest regulator realizează reglarea avansului pentru toate regimurile de funcţionare ale motorului utilizînd numai dispozitivul corespunzător regulatorului de avans prin depresiune. Pentru aceasta conducta de admisie a carburatorului este prevăzută cu un tub venturi în dreptul căruia se ia o priză, care dă depresiuni ce depind de viteza gazului aspirat şi deci de turaţia motorului. Priza pentru depresiunile proporţionale cu sarcina motorului se ia în imediata apropiere a poziţiei de închis a clapetei carburatorului. Conductele în legătură cu prizele se unesc şi apoi printr-o legătură comună sînt legate la capsula vacuumatică a regulatorului (fig. 9.9).

La creşterea turaţiei şi micşorarea sarcinii motorului, creşte depresiunea în conducta comună care acţionează asupra regulatorului universal vacuumatic determinînd rotirea plăcii întreruptorului şi creşterea unghiului de avans la aprindere.

Dispozitivul întreruptor autocurățitor. Dispozitivul întreruptor autocurățitor funcționează împreună cu dispozitivul regulator de avans prin depresiune (v. schema din fig. 9.10). Sub efectul depresiunilor variabile din car-

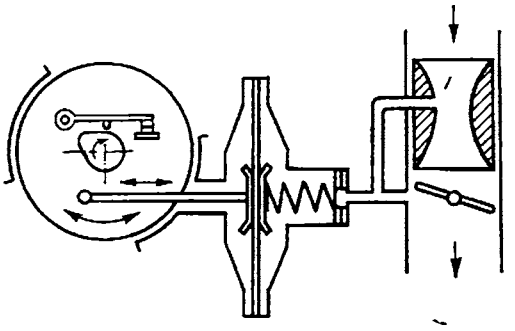


Fig. 9.9

burator, tija regulatorului de avans prin depresiune se deplasează producînd rotirea pîrghiei intermediare. Aceasta acționează asupra pîrghiei întrerup-

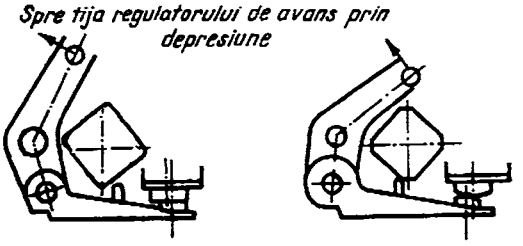


Fig. 9.10

torului cu contactul mobil, care se deplasează față de contactul fix, producînd autocurățirea contactelor. Astfel de dispozitive sînt utilizate pe ruptor-distribuitoare de către firma Ducellier-Franța.

9.1.3. CARACTERISTICILE DE FUNCȚIONARE ALE SISTEMELOR DE APRINDERE DE LA BATERIE

În timpul funcționării sistemului de aprindere de la baterie putem deosebi trei etape: *a* — creșterea curentului primar din momentul închiderii contactelor pînă la momentul deschiderii lor, *b* — întreruperea curentului primar și creșterea tensiunii secundare; *c* — străpungerea intervalului de scîntei al bujiilor și procesele de descărcare.

Pentru studiul funcționării sistemului de aprindere de la baterie se stabilește circuitul echivalent din fig. 9.11 în care s-au folosit notațiile: U_b — tensiunea la bornele bateriei de acumulatoare; R_{w1} — rezistența proprie a înfășurării primare; R_{s1} — rezistența suplimentară de pornire din circuitul primar; C_1 — capacitatea condensatorului din circuitul primar; L_1 — inductivitatea proprie a înfășurării primare; L_2 — inductivitatea proprie a înfășurării secundare; M — inductivitatea mutuală între primar și secundar; R_{a2} — rezistența proprie a înfășurării secundare; R_{w2} — rezistența de antiparazitare; R_{s2} — rezistența suplimentară de șuntare din circuitul secundar, corespunzătoare bujiei; C_2 — capacitatea proprie a înfășurării secundare; $R_1 = R_{w1} + R_{s1}$.

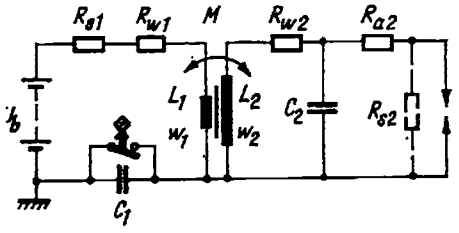


Fig. 9.11

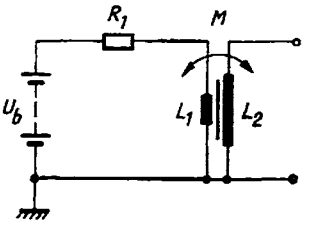


Fig. 9.12

9.1.3.1. *Procese legate de închiderea contactelor și creșterea curentului primar*

În timpul cît contactele sînt închise, considerăm că circuitul este deschis și nu are influență asupra circuitului primar (fig. 9.12).

Procesul de creștere a curentului primar i_1 poate fi descris cu ecuația diferențială

$$L_1 \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 = U_b. \tag{9.1}$$

Soluția ecuației se obține punînd condiția la $t = 0$, $i_1 = 0$

$$i_1 = \frac{U_b}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1}t}\right). \tag{9.2}$$

Aflăm valoarea curentului primar pentru $t = \infty$

$$I_{1\infty} = \frac{U_b}{R_1} \tag{9.3}$$

şi notînd constanta de timp T_1 a circuitului primar

$$T_1 = \frac{L_1}{R_1}, \tag{9.4}$$

putem înlocui în relaţia (9.2) şi obţinem

$$i_1 = I_{1\infty}\left(1 - e^{-\frac{t}{T_1}}\right). \tag{9.5}$$

Pentru a trasa curba de variaţie a curetului primar (fig. 9.13) aflăm valoarea acestuia pentru $t = T_1$.

$$i_{1T1} = I_{1\infty}\,(1 - e^{-1} = 0{,}632\ I_{1\infty}. \tag{9.6}$$

Panta curbei se determină aflînd viteza de creştere a curentului primar

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{I_{1\infty}}{T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} \text{ şi } \left(\frac{di_1}{dt}\right)_{t=0} = \frac{I_{1\infty}}{T_1} = \frac{U_b}{L_1}. \tag{9.7}$$

Tangenta la curbă în origină trece prin punctul cu abscisă T_1 şi ordonata $I_{1\infty}$.

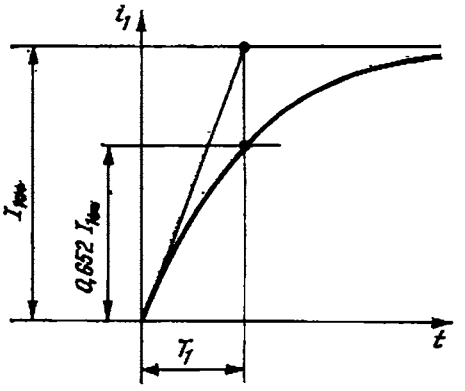


Fig. 9.13

Din cele de mai sus rezultă că valoarea maximă a curentului $I_{1\infty}$ creşte cînd rezistenţa R_1 scade şi cînd tensiunea U_b creşte. De asemenea viteza de creştere a curentului creşte cînd inductivitatea L_1 scade.

Tensiunile electromotoare induse în înfăşurări sînt

$$u_{e1} = -L_1 \frac{di_1}{dt} = -U_b\, e^{-\frac{t}{T_1}}, \tag{9.8}$$

$$u_{e2} = -M \frac{di_1}{dt} = -\frac{M}{L_1} U_b\, e^{-\frac{t}{T_1}}. \tag{9.9}$$

Determinarea curentului de rupere în momentul deschiderii contactelor. Notăm cu n_m turaţia motorului şi cu z numărul de proeminenţe ale camei

(egal cu numărul de cilindri). Frecvența întreruperilor pentru un raport de transmisie 1 : 2 va fi

$$f = \frac{z \cdot n_m}{2 \cdot 60} \tag{9.10}$$

Dacă notăm cu T perioada întreruperilor, cu t_k și t_d timpi de închidere respectiv de deschiderea contactelor și cu τ_k și τ_d timpii relativi de închidere și deschidere a contactelor, avem

$$T = \frac{1}{f} = t_k + t_d; \qquad \tau_k = \frac{t_k}{T}; \qquad \tau_d = \frac{t_d}{T}$$

și înlocuind în relația (9.10) rezultă

$$t_k = \tau_k \cdot T = \frac{\tau_k \cdot 120}{z \cdot n_m}. \tag{9.11}$$

În final rezultă pentru curentul de rupere expresia

$$I_r = I_{1\infty}\left(1 - e^{-\frac{t_k}{T_1}}\right) = \frac{U_b}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1}\frac{\tau_k 120}{z \cdot n_m}}\right). \tag{9.12}$$

Pentru $t_k < \frac{T_1}{2}$ putem scrie

$$I_r \approx I_{1\infty}\frac{t_k}{T_1} = \frac{U_b}{L_1}\frac{\tau_k^{120}}{z \cdot n_m}. \tag{9.13}$$

Parametrii care influențează asupra curentului de rupere primar. Din relația (9.12) rezultă că principali parametri care influențează asupra valorii curentului de rupere sînt : tensiunea bateriei de acumulatoare, inductivitatea primară, timpul relativ de închidere a contactelor, turația motorului și numărul de cilindri.

Creșterea tensiunii bateriei acumulatorului determină creșterea curentului de rupere, întrucît se modifică atît valoarea curentului de rupere maxim cît și panta curbei (fig. 9.14, *a*). Întrucît la pornire tensiunea bateriei scade datorită descărcării pe demaror se obișnuiește să se mărească tensiunea aplicată bobinei prin scurtcircuitarea rezistenței auxiliare în timpul pornirii.

Modificarea inductivității primare influențează asupra constantei de timp și ca urmare asupra pantei curbei (fig. 9.14, *b*). Odată cu scăderea valorii inductivității crește mai rapid curentul primar. Menționăm că există o valoare optimă pentru inductivitatea primară întrucît la valori mai mici rezultă scăderi ale energiei magnetice înmagazinate în bobină (v. relațiile 9.14 · · ·9.17).

Rezistența primară are la rîndul său influență supra curentului de rupere întrucît curentul de rupere maxim crește o dată cu scăderea rezistenței primare (fig. 9.11, *c*). Menționăm că valoarea rezistenței primare după pornirea motorului nu poate fi scăzută prea mult deoarece curentul de rupere maxim este limitat de uzura contactelor și de pierderile electrice admise. Pentru aceasta se recomandă ca micșorarea rezistenței primare prin scurtcircuitarea rezistenței auxiliare pentru mărirea tensiunii aplicate la bobină, să se facă numai în timpul cînd tensiunea la bornele bateriei scade.

Pentru a micșora valoarea curentului de rupere la turații mici după ce motorul a pornit și pentru a mări valoarea acestui curent la turații mari, se pot utiliza după cum s-a arătat rezistențe auxiliare variabile cu temperatura (variatoare). Acestea se confecționează din materiale cu coeficient de temperatură al rezistivității mare astfel că pentru un anumit domeniu prezintă o creștere rapidă a rezistenței în funcție de curent (fig. 9.15, *a*). În fig. 9.15, *b* este arătată modificarea caracteristicilor de funcționare a aprinderii pentru bobine cu variator.

Timpul relativ de închiderea contactelor influențează asupra valorii curentului de rupere la diferite turații : cu cît crește timpul de închidere τ_k cu atît crește curentul de rupere (fig. 9.16, *a*). Timpul de închiderea contactelor depinde de construcția mecanismului întreruptor (profilul camei, distanța între contacte, presiunea arcului, inerția sistemului etc.). La turații mari în afara domeniului normal de funcționare, datorită creșterii forțelor centrifuge,

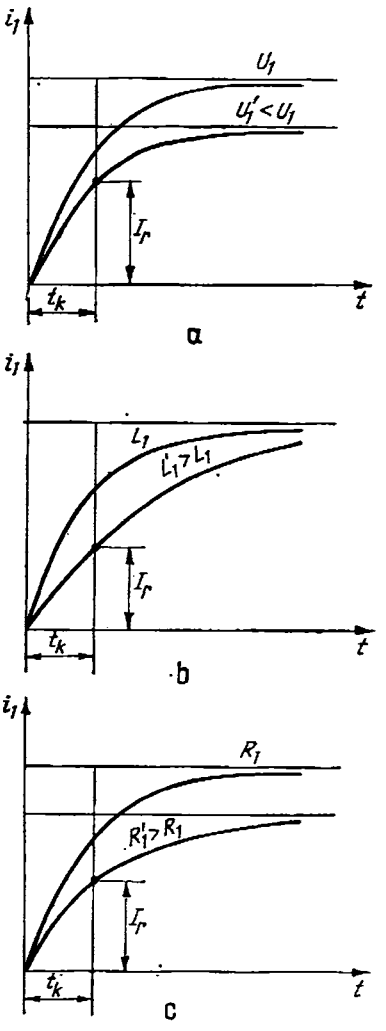


Fig. 9.14

ciocănelul nu mai poate urmări profilul camei şi apar salturile acestuia. Contactele rămîn deschise mai mult timp ceea ce face să scadă timpul relativ de închidere a contactelor (fig. 9.16, *b*).

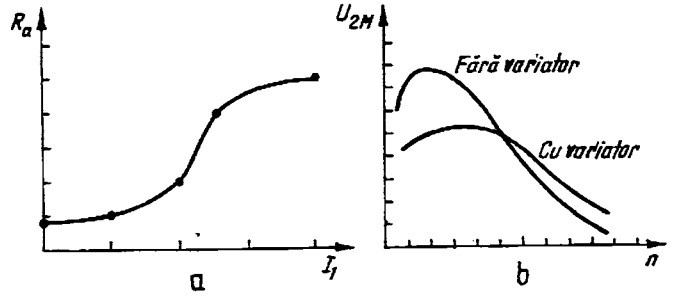


Fig. 9.15

Turaţia maximă de funcţionare a ruptor-distribuitorului trebuie să fie mai mică decît turaţia la care începe scăderea timpului relativ de închiderea contactelor.

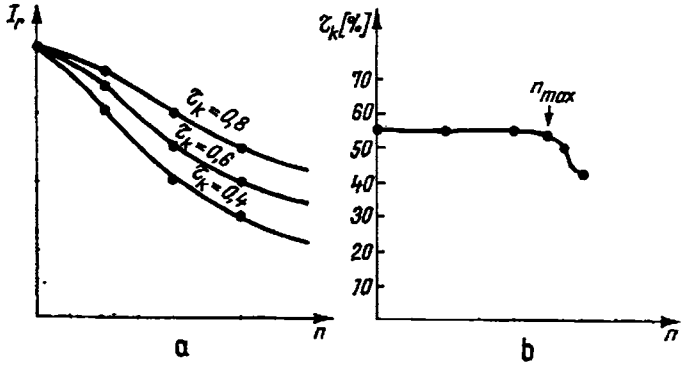


Fig. 9.16

Creşterea turaţiei motorului (şi a numărului de cilindri) determină o scădere a timpului de închiderea contactelor şi deci a curentului de rupere (fig. 9.16, *a*).

Energia magnetică înmagazinată în bobină în timpul închiderii contactelor este

$$W_m = \frac{L_1 I_r^2}{2} \qquad (9.14)$$

sau

$$W_m = \frac{1}{2} L_1 \frac{U_b^2}{R_1^2} [1 - 2e^{-\frac{R}{L_1} t_k} + e^{-2\frac{R_1}{L_1} t_k}]. \tag{9.15}$$

Pentru a obține valoarea maximă a energiei în raport cu inductivitatea anulăm derivata energiei în funcție de inductivitate

$$\frac{\partial W_m}{\partial L_1} = 0. \tag{9.16}$$

Efectuînd calculele se obține condiția

$$L_1 = \frac{R_1 t_k}{1{,}256} \qquad \text{sau } t_k = 1{,}256\ T_1. \tag{9.17}$$

Randamentul magnetizării, care caracterizează transformarea energiei absorbite de la bateria de acumulatoare în energie magnetică în bobină se poate exprima prin

$$\eta_M = \frac{W_m}{U_b \int_0^{t_k} i_1 dt} = \frac{L_1 \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1} t_k}\right)^2}{2 R_1 \left(t_k + \frac{L_1}{R_1} e^{-\frac{R_1}{L_1} t_k} - \frac{L_1}{R_1}\right)}. \tag{9.18}$$

În fig. 9.17 sînt arătate dependența lui W_m, I_r și η_m de t_k. În practică timpul de închidere a contactelor t_k în funcție de constanta de timp a înfășurării primare se alege, ținînd seama de prezența pierderilor, după relația

$$t_k = (0{,}25 \cdots 0{,}75)\ T_1. \tag{9.19}$$

9.1.3.2. *Procese legate de deschiderea contactelor și creșterea tensiunii secundare*

Determinăm valoarea tensiunii înalte maxime la bornele înfășurării secundare în timpul celei de a doua etape de funcționare corespunzătoare întreruperii circuitului primar.

Facem următoarele ipoteze simplificatoare :

— neglijăm influența arcului electric la deschiderea contactelor ținînd seama de prezența condensatorului ;

— considerăm cuplajul magnetic complet între înfășurarea primară și cea secundară ;

— considerăm contactul distribuitorului alunecător ;
— neglijăm pierderile suplimentare (în fier, în cupru) ;
— considerăm rezistența de șuntare a bujiei finite cu valori mari ;
— neglijăm valoarea relativ mică a tensiunii bateriei ;
— neglijăm valoarea rezistențelor primare și secundare (amortizări) slabe ;
— considerăm raportul dintre tensiunea primară și secundară egal cu raportul numărului de spire

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2}. \tag{9.20}$$

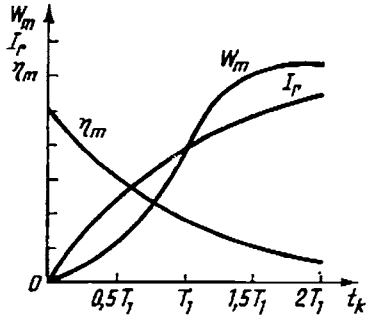


Fig. 9.17

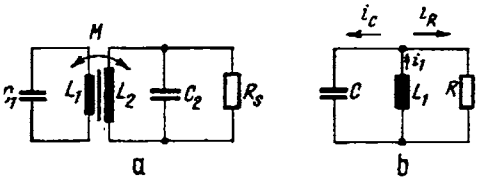


Fig. 9.18

În fig. 9.18, *a* este arătată schema circuitului pentru această etapă de funcționare a sistemului de aprindere.

Circuitul echivalent poate fi redus la primar (fig. 9.18, *b*), considerînd capacitatea echivalentă

$$C = C_1 + C_2 \left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2 \tag{9.21}$$

și rezistența echiavalentă

$$R = R_s \left(\frac{w_1}{w_2}\right)^2. \tag{9.22}$$

Se pot stabili următoarele relații

$$i_1 = i_c + i_R ; \tag{9.23}$$

$$u_1 = -L_1 \frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} \tag{9.24}$$

Înlocuind

$$i_c = C\frac{du_1}{dt} \quad \text{şi} \quad i_R = \frac{u_1}{R},$$

din relaţiile de mai sus se poate obţine

$$\frac{d^2u_1}{dt^2} + \frac{1}{RC}\frac{du_1}{dt} + \frac{u_1}{L_1C} = 0. \tag{9.25}$$

Dacă folosim notaţiile

$$\alpha = \frac{1}{2RC}; \tag{9.26}$$

$$\Omega = \sqrt{\left(\frac{1}{2RC}\right)^2 - \frac{1}{L_1C}} \tag{9.27}$$

$$\text{şi} \quad \lambda_{1,2} = -\alpha \pm \Omega \tag{9.28}$$

şi avem în vedere condiţiile iniţiale, care pentru $t = 0$ sînt următoarele

$$i_1 = I_r \; ; \; i_R = 0 \quad \text{şi} \quad u_1 = 0,$$

rezultă soluţia ecuaţiei diferenţiale

$$u_1 = \frac{I_r}{C\Omega} \cdot \frac{e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}}{2}. \tag{9.29}$$

Procesul care are loc după deschiderea contactelor poate fi oscilant sau aperiodic după cum este semnul mărimii de sub radical.

Regimul oscilant corespunde cazului în care

$$\left(\frac{1}{2RC}\right)^2 < \frac{1}{L_1C}. \tag{9.30}$$

Dacă notăm cu

$$\Omega_1 = \sqrt{\frac{1}{L_1C} - \left(\frac{1}{2RC}\right)^2}, \tag{9.31}$$

rezultă expresia

$$u_1 = \frac{I_r}{C\Omega_1} e^{-\alpha t} \sin \Omega_1 t. \tag{9.32}$$

Regimul aperiodic corespunde cazului în care

$$\left(\frac{1}{2RC}\right)^2 > \frac{1}{L_1 C} \tag{9.33}$$

şi deci rezultă expresia

$$u_1 = \frac{I_r}{C\Omega} e^{-\alpha t} \operatorname{sh} \Omega t. \tag{9.34}$$

Rezistenţa critică se obţine pentru

$$\left(\frac{1}{2RC}\right)^2 = \frac{1}{L_1 C} \tag{9.35}$$

$$R_{cr} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{L_1}{C}}. \tag{9.36}$$

Determinăm valoarea maximă a tensiunii pentru regimul oscilant punînd condiţia

$$\frac{du_1}{dt} = 0.$$

Ţinînd seama de relaţia (9.20) rezultă

$$U_{2M} = I_r \frac{w_2}{w_1}\sqrt{\frac{L_1}{C}} \cdot D, \tag{9.37}$$

unde D este factorul de amortizare care are expresia

$$D = e^{-\frac{\operatorname{arc\,tg}\sqrt{\frac{4R^2C}{L_1} - 1}}{\sqrt{\frac{4R^2C}{L_1} - 1}}} \tag{9.38}$$

Se poate obţine o expresie mai simplă pentru factorul de amortizare dacă la deducerea valorii maxime a tensiunii facem următoarele aproximaţii : neglijăm efectul de amortizare al rezistenţelor din circuit, considerînd primul maxim al tensiunii corespunzător valorii maxime a funcţiei sinus adică înlocuim în relaţia (9.32)

$$t = \frac{\pi}{2\Omega_1}$$

şi considerăm rezistenţa de şuntare foarte mare pentru care

$$\Omega_1 \approx \frac{1}{\sqrt{L_1 C}}.$$

În aceste condiţiuni factorul de amortizare va avea expresia

$$D \approx e^{-\frac{\pi}{4R}\sqrt{\frac{L_1}{C}}}. \tag{9.39}$$

Ţinînd seama de faptul că în practică trebuie să se ia în considerare şi randamentul $\eta \approx 0{,}75 \ldots 0{,}85$ expresia tensiunii secundare maxime se mai poate scrie

$$U_{2M} = \eta I_r \frac{w_2}{w_1} \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}}\, e^{-\frac{\pi}{4R}\sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}}} \tag{9.40}$$

Parametrii care influenţează asupra valorii tensiunii secundare maxime. Din relaţiile de mai sus (9.12 şi 9.40) se poate deduce influenţa diferiţilor parametri asupra valorii tensiunii secundare maxime.

Tensiunea secundară maximă creşte o dată cu creşterea curentului de rupere (fig. 9.19, *a*). Este necesar să se ia în considerare toţi factorii care influenţează asupra acestui curent. După cum s-a arătat creşterea curentului de rupere este limitată la o valoare maximă pentru a nu avea o uzură exagerată a contactelor.

Creşterea inductivităţii primare, care conform relaţiei (9.40) determină o creştere a tensiunii secundare maxime, este de asemenea limitată, deoarece la valori mari ale inductivităţii primare scade valoarea curentului de rupere (fig. 9.19, *b*).

Teoretic conform relaţiei amintite, tensiunea secundară maximă creşte pe măsură ce scade capacitatea condensatorului. Practic există o capacitate optimă pentru care se obţine o tensiune maximă care corespunde eliminării arcului electric la deschiderea contactelor (fig. 9.19, *c*).

În cazul cînd rezistenţa de şuntare a bujiilor este infinită factorul de amortizare este egal cu unitatea şi tensiunea secundară are valoarea maximă. Cînd scade rezistenţa de şuntare, scade şi factorul de amortizare şi o dată cu el scade tensiunea secundară maximă (fig. 9.20, *a* şi *b*).

Pentru rezistenţă de şuntare infinită tensiunea secundară creşte pe măsură ce creşte raportul numărului de spire. Cînd rezistenţa de şuntare are valori mai mici, există o valoare optimă a raportului numărului de spire pentru care se obţine valoarea maximă a tensiunii secundare.

9.1.3.3. *Străpungerea spațiului dintre electrozi și procesele de descărcare*

În ceea de a treia etapă de funcționare a sistemului de aprindere cînd tensiunea secundară ajunge la valoarea tensiunii de străpungere, între electrozi apare o descărcare electrică. Tensiunea la bornele secundarului scade brusc întrucît în momentul descărcării rezistența spațiului dintre

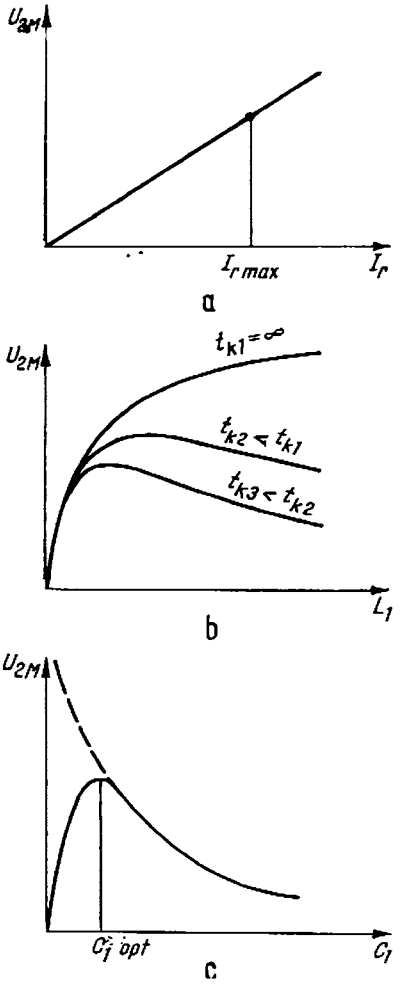


Fig. 9.19

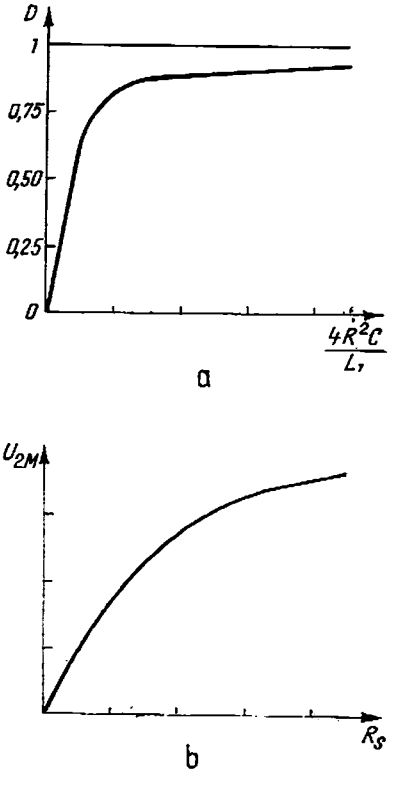


Fig. 9.20

electrozi scade. Prima parte a descărcării are un caracter capacitiv, iar a doua parte are un caracter inductiv sau combinat.

În fig. 9.21 este arătată variația parametrilor electrici în timpul străpungerii. S-a notat cu : *a* — momentul deschiderii contactelor, *b* — începutul străpungerii spațiului disruptiv și *d* — întreruperea descărcării.

Descărcarea capacitivă (porțiunea *bc* fig. 9.21) corespunde transformării energiei capacitive înmagazinate în capacitatea secundară, în energie termică (6 000...10 000°C), luminoasă (lumină puternică) și sonoră (zgomot caracteristic). Descărcarea capacitivă este de scurtă durată (10^{-6}s)

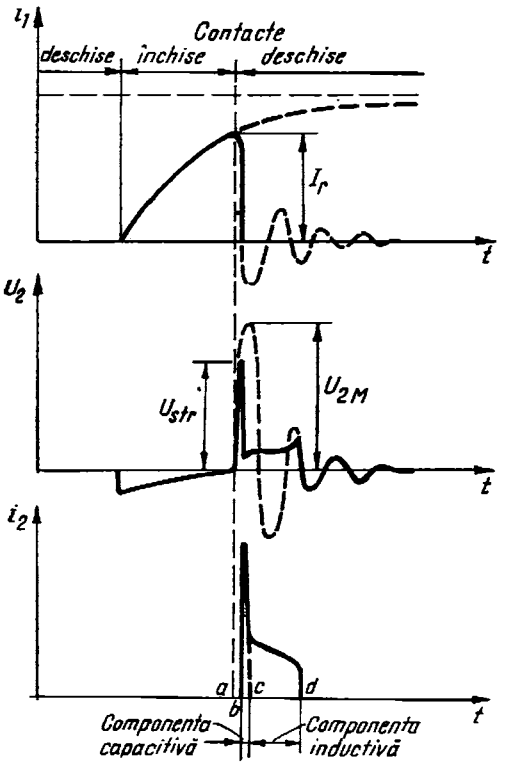


Fig. 9.21

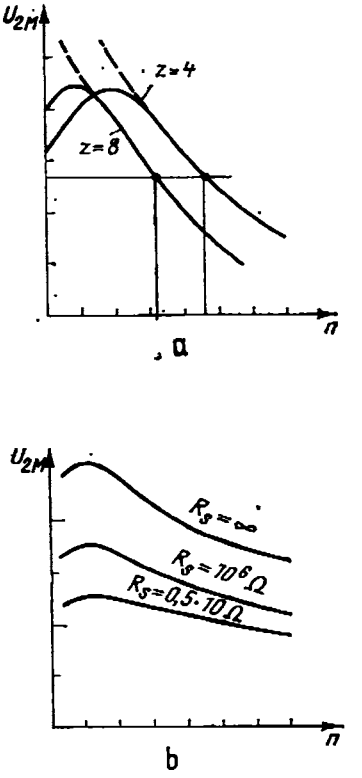


Fig. 9.22

și corespunde unor curenți mari (10...100 A) și frecvențe ridicate (10... 200 MHz). Partea capacitivă a descărcării determină aprinderea amestecului de combustibil.

Descărcarea inductivă (porțiunea cd fig. 9.21) urmează descărcării capacitive formînd așa numita *coadă a scînteii* și corespunde transformării restului de energie magnetică a bobinei de aprindere. Durata descărcării este mai mare (10^{-3} s), în schimb valoarea curenților este mai mică (10^{-2}... 10^{-3} A). Tensiunea secundară se menține practic constantă pînă cînd curentul secundar ajunge la o limită la care descărcarea se întrerupe.

Pe motor gazul din cilindri are o mişcare turbulentă, care deranjează descărcarea, determinînd o descărcare inductivă care durează mai mult, sau mai multe descărcări capacitive consecutive.

9.1.3.4. *Caracteristica de lucru a sistemului de aprindere de la baterie*

Prin caracteristică de lucru a unui sistem de aprindere se înţelege dependenţa între tensiunea secundară maximă şi turaţia motorului. Din relaţiile (9.12) şi (9.37) rezultă

$$U_{2M} = \frac{w_2}{w_1}\frac{U_b}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1}\tau_k \frac{120}{n_m z}}\right)\sqrt{\frac{L_1}{C}} \cdot D. \qquad (9.41)$$

O dată cu creşterea turaţiei şi a numărului de cilindri scade timpul de închiderea contactelor ceea ce determină scăderea curentului de rupere şi a tensiunii secundare maxime (fig. 9.22, *a*). Teoretic conform relaţiei de mai sus ar trebui ca la turaţia zero să se obţină tensiunea secundară cea mai mare. Se observă însă că la turaţii mici unde curentul de rupere este mare, viteza de deschidere a contactelor este mică şi tensiunea între contacte creşte mai repede decît distanţa între ele, astfel încît este favorizată apariţia arcului electric. Rezultă că la turaţii mici tensiunea secundară scade cu atît mai mult cu cît arcul electric între contacte este mai puternic (fig. 9.22, *a*). Se observă de asemenea (fig. 9.22, *b*) că tensiunea secundară maximă scade cînd scade valoarea rezistenţei de şuntare a bujiilor.

În concluzie sistemele de aprindere de la baterie funcţionează bine la turaţii mici şi mijlocii, în schimb funcţionarea lor este limitată la turaţii mari şi număr mare de cilindri.

9.1.4. CONSTRUCŢIA APARATELOR DE APRINDERE DE LA BATERIE

9.1.4.1. *Construcţia bobinelor de aprindere*

Bobinele de aprindere utilizate pe autovehicule au în general o construcţie asemănătoare. Deosebirile care intervin între diferite tipuri de bobine se referă la masa de umplere (masă bituminoasă, răşină epoxi sau ulei mineral), materialul carcasei (tablă sau masă plastică), locul de amplasare a rezistenţei adiţionale (în carcasă, pe carcasă sau în exteriorul bobinei). Există de asemenea bobine speciale de *putere mărită* care asigură scîntei puternice avînd un consum de curent mai mare, bobine *rapide* care au inductivitatea înfăşurării primare mică, bobine cu înfăşurări speciale (de ex. bobine cu două înfăşurări secundare pentru motoare cu doi cilindri), bobine ecranate închise într-o carcasă metalică etc.

În fig. 9.23, *a* este arătată construcţia unei bobine de aprindere cu masă de umplere bituminoasă, avînd carcasa din tablă *a* şi a unei bobine cu

ulei avînd carcasa din bachelită *b*. Principalele părţi componente sînt: miezul *1*, înfăşurarea secundară *3*, înfăşurarea primară *2*, suportul izolator *4*, carcasa *5*, capacul izolator *6* cu bornele de joasă tensiune *7* şi de înaltă tensiune *8*.

Miezul magnetic constituie partea centrală a bobinei. Datorită curenţilor turbionari cu frecvenţe ridicate, ce apar în miez, acesta este necesar să

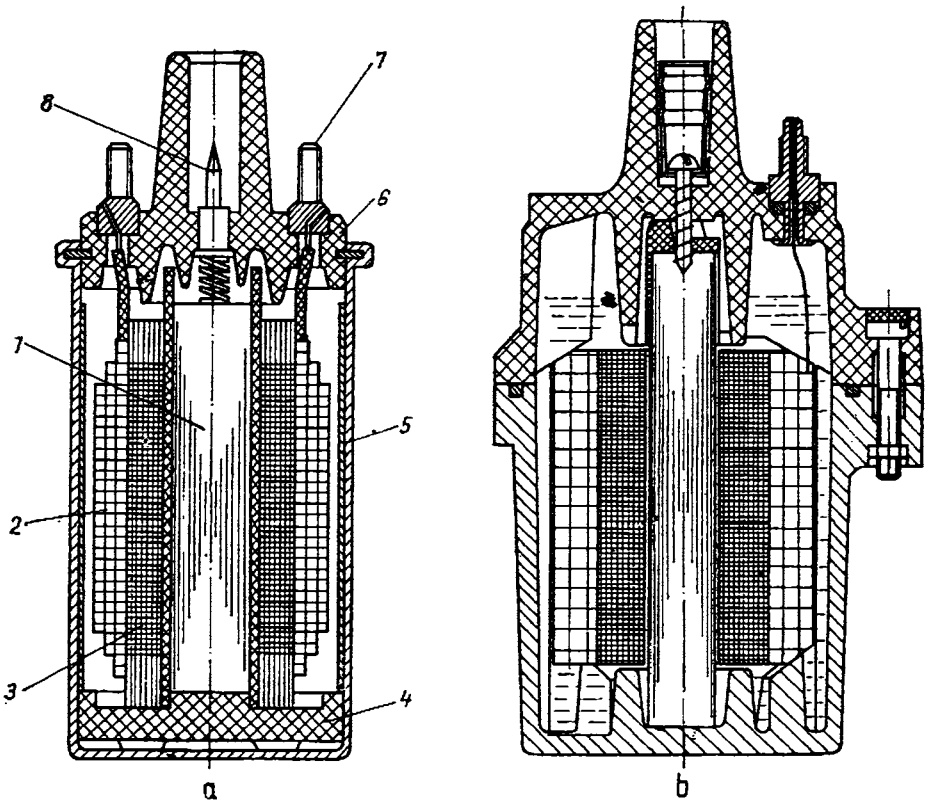


Fig. 9.23

fie divizat prin execuţie din tole sau sîrme. Pachetele de tole se fac din tablă silicioasă E1 de 0,5 mm sau E41 de 0,35 mm, iar pentru pachetele de sîrmă se foloseşte sîrmă de fier moale de ∅ 1,5 mm.

Pe miez se aşază înfăşurarea secundară, iar la exterior înfăşurarea primară. Aşezarea înfăşurării secundare la interior asigură un coeficient de cuplaj magnetic mai mare, o izolare mai bună a părţii de înaltă tensiune, o transmisie de căldură mai bună la înfăşurarea primară şi realizează economie la înfăşurarea de cupru din sîrmă subţire.

Înfășurarea secundară se bobinează pe un tub făcut din mai multe straturi de hîrtie de cablu, care este așezat pe miez. Ea se execută din sîrmă de cupru emailat avînd diametrul de 0,06...0,08 mm și numărul de spire 15 000...25 000 așezate pe 60...80 straturi. Între straturile înfășurării secundare se așază cîte 2...4 straturi hîrtie de condensator cu grosimea de 0,02 mm și lățimea de 60 mm.Numărul de spire pe strat se alege astfel ca să se asigure o anumită distanță pentru conturnare pînă la capetele bobinei (de ex. 15 mm) și în același timp să nu crească prea mult diametrul bobinei. Primul și ultimul strat al înfășurării au un număr redus de spire pentru a evita străpungerile. Începutul înfășurării se leagă la miez printr-o tresă sau fir mai gros, ultimile straturi se execută cu sîrmă mai groasă cu bobinaj cu pas rărit, iar capătul înfășurării secundare se leagă prin cositorire cu începutul înfășurării primare. După bobinare înfășurarea secundară se impregnează cu lac.

Înfășurarea primară se bobinează la rîndul ei pe un tub izolant executat din mai multe straturi de hîrtie de cablu. Se utilizează sîrmă de cupru emailată cu diametrul 0,7...1 mm, avînd numărul de spire 200...400 așezate pe 5...6 straturi. Între straturile înfășurării primare se așază hîrtie de cablu sau mătase lăcuită de 0,1...0,2 mm. Capetele înfășurării primare se leagă la bornele de joasă tensiune.

În cazul bobinelor cu carcasă din tablă (fig. 9.23, *a*), miezul cu cele două înfășurări este izolat față de carcasă printr-un suport izolator executat din ceramică (steatit) pentru a putea rezista la temperaturi ridicate și tensiuni înalte. *Carcasa* bobinei se execută din tablă ambutisată adînc cu o reburdurare la capăt, sau uneori prin presare din masă plastică, în care caz nu mai este necesar suportul izolator. Ea servește ca locaș pentru masa de umplere și în același timp protejează înfășurările.

În cazul bobinelor cu carcasa din bachelită (fig. 9.23, *b*) suportul izolator este constituit chiar de carcasă. În acest caz se utilizează pentru umplere ulei cu rigiditate dielectrică ridicată.

Închiderea bobinei de aprindere se face printr-un *capac izolator* executat din bachelită electrotehnică pentru înaltă tensiune. Capacele trebuie să reziste la încercarea de străpungere în ulei la o tensiune de încercare de 20 kV aplicată între borna centrală și borna laterală. De asemenea distanțele de conturnare trebuie astfel alese încît piesele să reziste la încercarea de străpungere în aer, prin aplicarea unei tensiuni de 10,5 kV între borne. Bornele de joasă tensiune sînt amplasate lateral și se notează cu 1 și 15, iar borna de înaltă tensiune este amplasată central.

Rezistența adițională se fixează de obicei printr-un suport metalic pe bobină. Ea se bobinează din sîrmă cu coeficient de temperatură al rezistivității mare (sîrmă de fier sau crom-nichel) pe un izolator ceramic și este consolidată cu un ciment special.

Dimensiunile de gabarit și cotele de prindere ale bobinelor sînt normalizate. Se remarcă tendința de a tipiza distanțele între găurile de prindere și dimensiunile de gabarit maxime.

În tabelul 9.1 sînt arătate principalele date caracteristice ale unor bobine de aprindere utilizate în prezent pe autovehicule din ţara noastră, iar în tabelul 9.2 principalele lor date constructive

Tabelul 9.1

Caracteristicile bobinelor de aprindere

Caracteristici	Tipul produsului					
	BA1	BAR1	B1 (3110)	3130	Prescripţii TGL 4481 (RDG)	B1 (URSS)
Tensiunea nominală, V	12	12	12	12	12	12
Funcţionarea în gol $R_s = \infty$						
Tensiunea secundară de vîrf, kV	—	—	> 33			
Distanţa între eclatoare, mm	7	7	—	—	6	7
Frecvenţa scînteilor, sc/min	> 13 500	> 20 000	6 000	—	19 800	11 400
Funcţionarea în sarcină						
Valoarea rezistenţei de şuntare, MΩ	1	1	1	1		
Tensiunea secundară de vîrf, kV	—	—	> 23	> 13		
Distanţa între eclatoare, mm	5	5	—	—	10	
Frecvenţa scînteilor, sc/min	> 11 400	> 22 000	6 000	6 000	> 3 600	
Tensiunea primată de alimentare, V			14	14		
Funcţionarea la pornire						
Valoarea rezistenţei de şuntare, MΩ			1	1		
Tensiunea secundară de vîrf, kV			> 6	> 7		
Frecvenţa scînteilor, sc/min			200	200		
Tensiunea primată de alimentare, V			6	6		

9.1.4.2. *Construcţia ruptor-distribuitoarelor de aprindere*

Construcţia ruptor-distribuitoarelor diferă în funcţie de numărul de cilindri, modul de reglare a avansului, numărul de întreruptoare, amplasarea bornelor de înaltă tensiune (axiale sau frontale), modul de antrenare (cu grifă sau cu roată dinţată), gradul de antiparazitare (cu rezistenţă de antiparazitare sau ecranat) etc.

În vederea unei aprinderi corespunzătoare, ruptor-distribuitoarele trebuie să îndeplinească următoarele condiţii :

— asigurarea în întregul domeniu de turaţii de funcţionare a deschiderii contactelor întreruptorului strict periodic fără vibraţii ;

Tabelul 9.2

Datele constructive principale ale bobinelor de aprindere

Datele constructive	Tipul produsului				
	BA1	BAR 1	B1 (3110)	VEB FEK (RDG)	B1 (URSS)
Înfășurarea primară					
Numărul de spire	180	250	272	350	320
Diametrul conductorului, mm	0,65	0,72	0,7	0,7	0,77
Rezistența înfășurării, Ω	1,35	1,4	1,7	3,5	
Înfășurarea secundară					
Numărul de spire	22 000	22 000	21 200	20 500	17 500
Diametrul conductorului, mm	0,07	0,07	0,08	0,07	0,09
Rezistența înfășurării, Ω	8 700	10 000		8 700	
Rezistența adițională, Ω		1,4	0,6...0,65		1,35...1,45
Greutatea, kgf	1,2				1,1

— asigurarea funcționării fără arc electric exagerat a întreruptorului la toate turațiile motorului;

— asigurarea distribuirii distincte și corecte a impulsurilor de înaltă tensiune;

— asigurarea reglării unghiului de avans la aprindere;

— asigurarea rigidității dielectrice prescrise a izolației pieselor distribuitorului, întreruptorului și condensatorului.

În cele ce urmează descriem construcția unui ruptor-distribuitor de aprindere, care cuprinde: carcasa, arborele, dispozitivul întreruptor, dispozitivul distribuitor și dispozitivele pentru reglarea avansului (fig. 9.24).

Carcasa ruptor-distribuitorului *1* se execută de obicei din aliaj turnat sub presiune (siluminiu sau zamak), avînd la partea inferioară o bucșă de oțel, în care se presează bucșele lagăr autolubrifiante din bronz grafit sinterizat. Ajustajul dintre arbore și bucșele lagăr trebuie să aibă valoarea prescrisă pentru a nu se produce blocarea arborelui la cald, sau jocuri mari ale camei la rece. Arborele se execută din oțel carbon de calitate și are la partea inferioară o grifă sau o roată dințată prin care trebuie să se asigure antrenarea corectă de la arborele de distribuție al motorului.

Dispozitivul întreruptor numit și *ruptor* (fig. 9.24) cuprinde cama fixată pe arbore *2*, placa întreruptorului *3*, placa port contacte *4*, pîrghia *5*, contactele *6* și condensatorul *7*.

Cama întreruptorului pentru motoarele în patru timpi are un număr de proeminențe egal cu numărul de cilindri ai motorului, iar profilul ei asigură deschiderea rapidă a contactelor. Cama se execută din oțel aliat sau oțel carbon de calitate, călit cu înaltă frecvență sau cementat călit și revenit. Suprafața de contact a camei trebuie să fie bine șlefuită, fără zgîrieturi.

Placa întreruptorului reprezintă suportul de bază pe care se montează celelalte elemente ale întreruptorului. În cazul ruptor-distribuitoarelelor cu

regulatoare de avans prin depresiune, pentru că placa întreruptorului trebuie să fie mobilă, se fixează pe un rulment sau o bucşă alunecătoare, iar între placă şi carcasă se leagă un conductor electric foarte flexibil. Pe placa întreruptorului se fixează *placa port contacte* numită şi suportul întreruptorului. Pe aceasta este nituit contactul fix şi un bolţ în jurul căruia se roteşte pîrghia întreruptorului cu contactul mobil. Poziţia plăcii port contacte

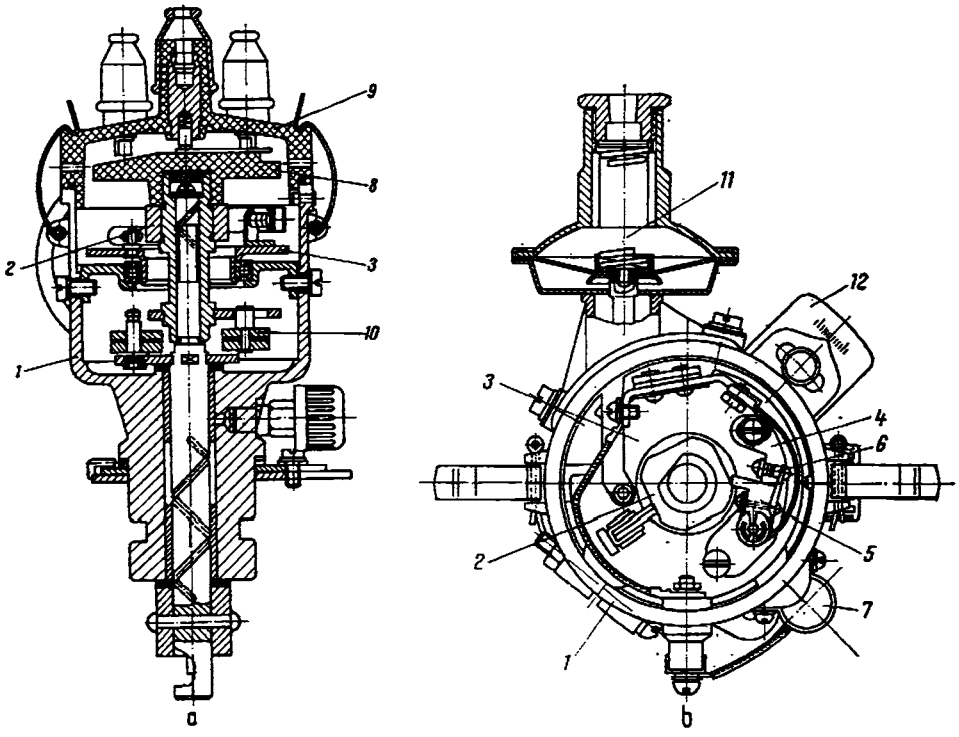


Fig. 9.24

se poate modifica cu ajutorul unui şurub de reglaj, pentru a păstra distanţa prescrisă între contacte.

Pîrghia întreruptorului cuprinde o piesă din tablă sau material izolant care trebuie să aibă un moment de inerţie cît mai mic. Partea pîrghiei care vine în contact cu cama se numeşte *ciocănel* sau izolaţia pîrghiei şi se execută din textolit sau masă plastică.

Arcul pîrghiei care asigură presarea pîrghiei pe camă şi închiderea contactelor cu o anumită presiune, trebuie să fie rezistent la solicitări repetate.

Contactele ruptorului se execută din wolfram şi au o bună comportare la arc electric, la eforturi mecanice şi la acţiunea benzinei. Trebuie să ară-

tăm însă că oxizii care se formează la trecerea curentului de rupere este necesar să fie îndepărtaţi periodic. De asemenea nu este recomandabilă prezenţa uleiului pe suprafaţa contactelor.

În paralel cu contactele se conectează un condensator care micşorează arcul electric dintre contacte. Capacitatea condensatorului (0,17...0,25 μF) se alege în funcţie de caracteristicile de funcţionare ale sistemului de aprindere.

Dispozitivul distribuitor de înaltă tensiune (fig. 9.24) cuprinde un rotor *8* şi un capac cu borne *9*.

Rotorul distribuitorului se fixează pe arborele de antrenare deasupra camei. El este constituit dintr-o piesă izolantă din bachelită de înaltă tensiune, pe care se fixează lama de distribuţie din alamă.

Tabelul 9.3

Caracteristici ale ruptor-distribuitoarelor de aprindere

Caracteristicile	Tipul produsului	
	8 D 4	2 D 8
Sensul de rotaţie	dreapta	stînga
Numărul de scîntei la o rotaţie	4	8
Distanţa între electrozi la descărcător, mm	7	7
Turaţia maximă de producerea scînteilor, rot/min	2 000	2 250
Regulatorul centrifugal		
Turaţia unghiului de avans, rot/min/°AD	200/ 0—2 400/ 1—4 800/ 7—10 1 200/ 11—14 1 600/ 16—19 2 000/ 20—23	
Regulatorul prin depresiune		
Depresiunea unghiul de avans, mm Hg/°AD	70/ 0—3 100/ 2,5 —5,5 150/ 7,5—10,5 200/11,5—14,5 250/12,5—15,5	0 / 0 4 / 0—1 7,5/ 0—2 22,2/ 5—7 32 / 8—10 44 / 11—13 50 /12,5—14,5

Capacul distribuitorului se presează din bachelită în care sînt fixate ploturile din alamă (sau aliaj de nichel), în legătură cu bornele. În mijlocul capacului se află borna centrală, prin care se face legătura cu fişa de aprindere care vine de la bobină, iar pe margine sînt bornele laterale, care

servesc pentru legătura cu fişele de aprindere care pleacă la bujii. Borna centrală este prevăzută la interior cu o perie de cărbune cu resort care face contact cu lama rotorului distribuitorului. Capacul distribuitorului se asamblează cu carcasa ruptor-distribuitorului cu ajutorul unor arcuri elastice care permit demontarea uşoară a capacului pentru curăţirea şi reglarea contactelor.

Pe ruptor-distribuitoare sînt montate *dispozitivele regulatoare de avans.* Spre exemplu în fig. 9.24 se observă regulatorul de avans centrifugal *10*, regulatorul de avans prin depresiune *11* şi selectorul octanic *12*. Descrierea acestor dispozitive a fost arătată mai sus.

Tabelul 9.4

Datele constructive principale ale ruptor-distribuitoarelor de aprindere

Datele tehnice	Tipul produsului	
	8 D 4	2 D 8
Numărul de proeminenţe ale camei	4	8
Distanţa între contactele ruptorului, mm	0,35...0,45	0,3...0,4
Unghiul relativ de închidere a contactelor, %	—	58...64
Forţa arcului ruptorului, kgf	0,4...0,6	0,65...0,85
Diametrul camei, mm	—	26,2
Capacitatea condensatorului, μF	$0{,}2\ ^{+0{,}05}_{-0{,}03}$	$0{,}25 \pm 0{,}025$
Selectorul octanic		
Unghiul de reglare al avansului fix, °AD	±6	—
Regulatorul centrifugal		
Greutatea unei contragreutăţi, kgf	0,052	—
Diametrele sîrmelor arcurilor, mm	0,6 şi 0,8	—
Regulatorul de vacuum		
Diametrul membranei, mm	62	92
Grosimea membranei, mm	0,4	0,4
Diametrul sîrmei arcului, mm	1,2	0,7
Greutatea ruptor-distribuitorului, kgf	1,55	3,4

Uneori ruptor-distribuitoarele sînt prevăzute cu rezistenţe de antiparazitare montate pe rotor sau în interiorul bornei centrale. Alteori aceste rezistenţe se montează în exterior pe fişele de aprindere.

Caracteristicile principale ale unor ruptor-distribuitoare sînt arătate în tabelul 9.3, iar datele constructive în tabelul 9.4.

9.1.5. ÎNCERCĂRILE APARATELOR DE APRINDERE DE LA BATERIE

Încercările bobinelor de aprindere. Aceste încercări sînt precedate de verificarea datelor înscrise pe etichetă (tipul bobinei, tensiunea de lucru), verificarea cotelor de gabarit și montaj și a aspectului general.

Verificarea tensiunii secundare la rece (20 $\pm$ 5°C) se efectuiază prin funcționarea la diferite turații. La turații mici bobina cu rezistență suplimentară scurtcircuitată trebuie să asigure tensiunile secundare necesare la pornire. La turații corespunzătoare tensiunii maxime, se recomandă ca pentru o rezistență de șuntare de 1 MΩ să se asigure scîntei de minim 8 mm respectiv tensiuni de minim 17 kV. Pentru rezistență de șuntare infinită trebuie să se asigure scîntei de minim 15 mm respectiv tensiuni de minim 25 kV. De asemenea tensiunile secundare la cald (după menținerea 2...3 h la 70...80°C) trebuie să corespundă valorilor prescrise.

Uneori se fac măsurări ale curentului mediu secundar cu ajutorul unui miliampermetru legat în circuitul secundar al bobinei de aprindere, între descărcătorul cu trei electrozi și masă.

Verificarea tensiunii de străpungere se face prin funcționarea bobinei de aprindere cu circuitul secundar deschis. Pentru a putea verifica încălzirea bobinei, care apare în cazul cînd aceasta este alimentată cu contactele ruptorului închise, în timp ce motorul este oprit, se face o alimentare continuă de la baterie timp de 5...10 h.

În cadrul încercărilor de tip în afară de încercările arătate mai sus se verifică rezistența de izolație, comportarea la vibrații, comportarea la temperaturi scăzute, gradul de protecție și comportarea la încercările de durată.

Încercările ruptor-distribuitoarelor de aprindere. Aceste încercări se efectuează după verificarea datelor înscrise pe etichetă (tipul, tensiunea de lucru, sensul de rotație), verificarea cotelor de gabarit și montaj și verificarea întreruptorului (distanța între contacte, unghiul de închidere, capacitatea condensatorului).

Încercările de funcționare ale ruptor-distribuitoarelor cuprind verificarea producerii continue a scînteilor în întreaga gamă de turații și simetria producerii scînteilor.

Verificarea izolației pieselor de înaltă tensiune se face solicitînd ruptor-distribuitorului prin producerea scînteilor cu lungime mare (de ex. 12 mm).

Caracteristicile de avans la aprindere trebuie să corespundă domeniilor de reglare prescrise. Pentru capsulele de vacuum se prescrie în plus verificările etanșeității.

În cadrul încercărilor de tip se mai efectuează verificări ale comportării la vibrații, la eforturi centrifugale și eforturi axiale. De asemenea se verifică rezistența la umiditate, calitatea acoperirilor, tipul de protecție și comportarea la încercările de durată.

9.2. APARATE DE APRINDERE ELECTRONICE

9.2.1. DESCRIEREA ŞI CLASIFICAREA SISTEMELOR DE APRINDERE ELECTRONICE. PRINCIPIUL DE FUNCŢIONARE

Pentru a putea mări tensiunea secundară a sistemelor de aprindere, a îmbunătăţi funcţionarea lor la turaţii ridicate şi a mări durata lor de funcţionare, s-au realizat diferite sisteme de aprindere electronice.

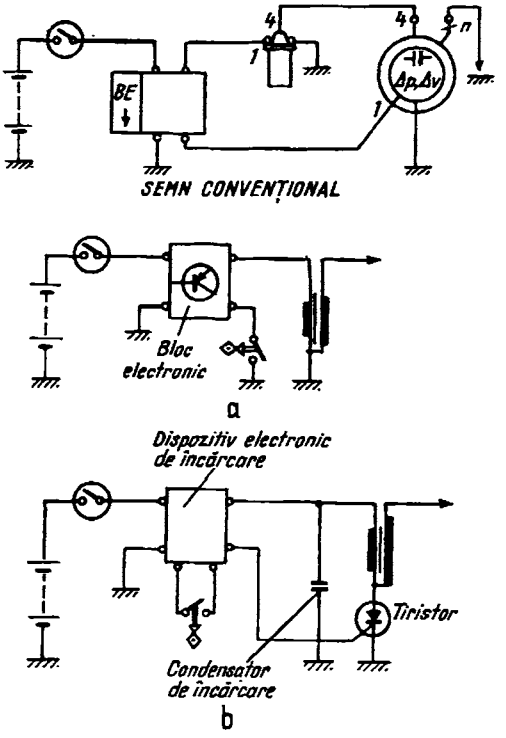


Fig. 9.25

Energia necesară pentru producerea scînteilor, care poate atinge pentru scurt timp puteri apreciabile de cîteva sute de waţi, nu este luată direct de la baterie ca la aprinderea clasică, ci de la un sistem de înmagazinare intermediar.

Din punct de vedere al modului de acumulare a energiei, sistemele de aprindere se împart în sisteme cu aculmulare de energie inductivă şi în sisteme cu acumulare de energie capacitivă.

Se numeşte *sistem de aprindere cu acumulare de energie inductivă* (fig. 9.25, *a*) acel sistem în care energia necesară pentru producerea tensiunii

înalte se acumulează în cîmpul magnetic al înfăşurării bobinei de aprindere. În afară de sistemele de aprindere clasice la care întreruperea curentului din bobina de aprindere se efectuează cu ajutorul ruptorului, există sisteme de aprindere electronice la care această întrerupere se realizează cu ajutorul unui dispozitiv semiconductor.

Sistemul de aprindere cu acumulare de energie capacitivă (fig. 9.25, *b*), este un sistem la care energia necesară pentru producerea tensiunii înalte este acumulată în cîmpul electric al condensatorului de încărcare. Energia este transmisă apoi la transformatorul de înaltă tensiune cu ajutorul unui dispozitiv semiconductor sau a unui tub cu descărcare în gaze, folosind în acest scop tiristoare sau tiratroane cu catod rece.

Menţionăm că există şi sisteme de aprindere electronice fără acumulare de energie, la care tensiunea înaltă se produce în momentul creşterii curentului în înfăşurarea primară a bobinei de aprindere. Aceste sisteme necesită curenţi mari şi nu se utilizează decît în cazuri speciale.

Din punct de vedere al metodei de comandă a momentului producerii scînteii, sistemele electronice de aprindere se pot împărţi în sisteme cu contacte şi fără contacte. Pentru a explica utilitatea folosirii sistemelor electronice cu şi fără contacte este necesar să se arate dependenţa dintre durata de funcţionare a contactelor ruptorului şi valoarea curentului de rupere (fig. 9.26).

La curenţi mari durata de funcţionare este mică. Pe măsură ce scade valoarea curentului de rupere, durata de funcţionare a contactelor creşte pînă atinge un maxim. Se observă că o scădere în continuare a curentului, micşorează durata de funcţionare a contactelor, întrucît în acest caz micile impurităţi inerente funcţionării rămîn pe contacte fără să se poată face autocurăţirea acestora.

În cazul contactelor cu wolfram valoarea maximă a curentului de rupere admis este de 3,5 $\cdots$ 4,5 A, iar valoarea optimă a curentului de rupere aproximativ 1 A. Sistemele de aprindere electronice cu contacte au valoarea curenţilor de rupere în contacte apropiată de 1 A, ceea ce face să crească intervalul de funcţionare dintre două reglări a distanţei între contacte şi durata de funcţionare a acestora.

Datorită uzurii contactelor, camei şi ciocănelului sistemele de aprindere electronice cu contacte necesită totuşi întreţineri periodice. De asemenea funcţionarea la turaţii mari a acestor sisteme este limitată. Sistemele de aprindere electronice fără contacte nu mai prezintă aceste dezavantaje şi în plus dau posibilitatea de a comanda pe cale electronică producerea avansului la aprindere.

9.2.1.1. *Sistemele electronice de aprindere cu contacte avînd acumulare de energie inductivă*

Din categoria sistemelor electronice cu contacte cu acumulare de energie inductivă fac parte sistemele tranzistorizate cu unul sau mai multe tranzistoare şi sistemele tiristorizate.

Sisteme de aprindere cu contacte şi un tranzistor cu germaniu (p-n-p). Aceste sisteme se împart după modul de conectare al bobinei de aprindere în *sisteme cu bobină caldă* (fig. 9.27, *a*), la care înfăşurarea primară este conectată în circuitul emitorului tranzistorului şi în *sisteme cu bobina rece* (fig. 9.27, *b*), la care înfăşurarea primară este conectată în circuitul de colector al tranzistorului.

Funcţionarea schemelor este următoarea: la închiderea contactelor ruptorului se aplică o tensiune de polarizare asupra joncţiunii bază-emitor,

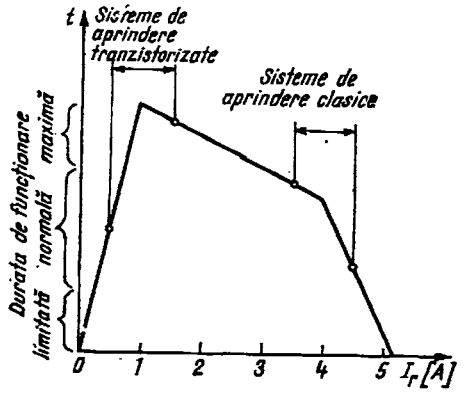


Fig. 9.26

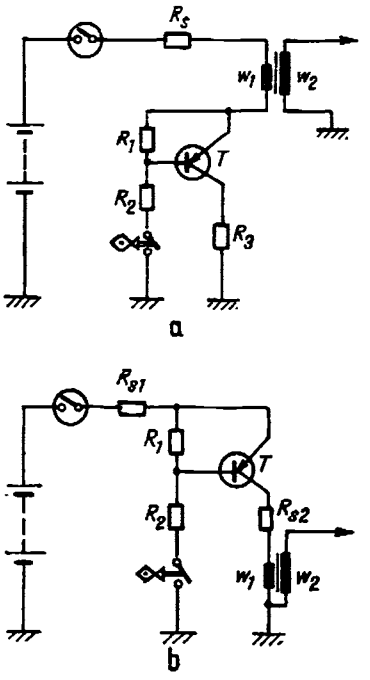


Fig. 9.27

care produce saturarea tranzistorului. Prin înfăşurărea primară a bobinei de aprindere trece un curent a cărui valoare este egală cu valoarea curentului de emitor, respectiv de colector. La deschiderea contactelor ruptorului tranzistorul se blochează şi se întrerupe curentul prin înfăşurarea primară a bobinei de aprindere, ceea ce determină creşterea tensiunii secundare necesară pentru aprindere. Se observă că în ambele scheme, curentul care trece prin bobină este mai mare decît curentul prin contacte. Ca urmare se pot obţine energii ale sistemului de aprindere mai mari decît la cel clasic şi în acelaşi timp se poate reduce uzura contactelor.

Se observă că schema cu bobina caldă este mai economică, întrucît în acest scop tot curentul de la baterie trece prin bobină, în timp ce la bobina rece numai o parte a curentului de la baterie trece prin ea, iar restul prin contacte. Un avantaj al primei scheme este că permite contactul direct al carcasei tranzistorului cu masa fără izolație intermediară, ceea ce asigură o mai bună transmitere a căldurii de la tranzistor. Această schemă necesită o bobină de aprindere, care să aibă cele două înfășurări fără legătură comună între ele. Cea de a doua schemă prezintă avantajul că produce tensiuni mai scăzute pe contactele ruptorului, în momentul deschiderii lor.

La sistemele de aprindere clasice tensiunile primare ating 200 ··· 400 V și chiar mai mult. Pentru a putea suporta aceste tensiuni, ținînd seama de valorile maxime admise de tranzistoarele cu germaniu, este necesar să se folosească bobine de aprindere cu raport mare de transformare și să se ia și alte măsuri de protecție. În anumite cazuri pentru a se reduce valoarea supratensiunilor aplicate pe tranzistoare se preferă utilizarea schemelor cu mai multe tranzistoare.

Sisteme de aprindere cu contacte și mai multe tranzistoare în serie. Se folosesc scheme cu două tranzistoare p.n.p. în conexiunea cu bobina *caldă* fig. 9.28, *a*, sau cu bobina *rece* fig. 9.28, *b*.

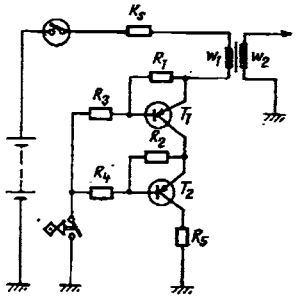
Tranzistoarele sînt conectate în serie, adică emitorul primului tranzistor este legat cu colectorul celui de al doilea, iar bazele sînt conectate în paralel. Supratensiunile se repartizează pe cele două tranzistoare astfel că tensiunea care revine unui tranzistor este mai mică decît valoarea totală.

Deoarece circuitele de comandă ale tranzistoarelor sînt conectate în paralel, o dată cu creșterea numărului de tranzistoare crește valoarea curentului prin contacte. De asemenea se observă că curentul de colector al unui tranzistor este mai mare decît al celui următor lui. În acest caz pentru conexiunea cu bobina *rece* valoarea curentului de colector prin unul din tranzistoare este mai mare decît cea a curentului prin înfășurarea primară.

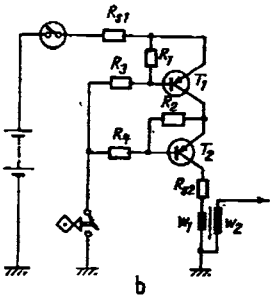
Sisteme de aprindere cu contacte și tranzistoare compuse. Pentru mărirea coeficientului de amplificare în curent al tranzistorului și micșorarea curentului prin contacte se pot folosi scheme cu tranzistoare compuse (fig. 9.29). În acest caz în emitorul unui tranzistor se leagă baza celui anterior, iar colectoarele tranzistoarelor se leagă împreună. Emitorul tranzistorului compus este reprezentat prin emitorul primului tranzistor, iar baza de către baza ultimului tranzistor.

Sisteme de aprindere cu contacte și tranzistoare cu siliciu (n-p-n). Tranzistoarele cu siliciu prezintă o serie de avantaje față de cele de germaniu, între care arătăm limitele mai ridicate pentru tensiunile admise și pentru temperaturi, în schimb prezintă dezavantajul unui preț de cost mai ridicat.

Realizarea unor scheme de aprindere cu un singur tranzistor n-p-n. (fig. 9.30, *a*) ridică probleme legate de polaritatea bornei de masă. Pentru ca trecerea curentului prin bobină să aibă loc în acelaşi timp cu trecerea curentului prin contacte şi pentru a nu fi nevoiţi să izolăm ambele contacte ale ruptorului este necesar să punem borna pozitivă la masă. Acest inconvenient poate fi înlăturat prin utilizarea unei scheme cu două tranzistoare (fig. 9.30, *b*), a cărui funcţionare este următoarea : la închiderea



a



b

Fig. 9.28

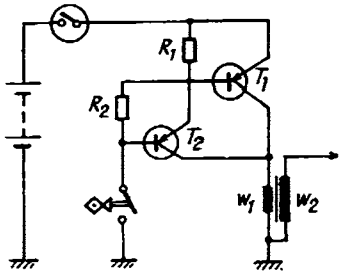


Fig. 9.29

contactelor ruptoarelui, rezistenţa R_4 de polarizarea bazei tranzistorului T_1 este scurtcircuitată şi tranzistorul se blochează. Tensiunea de polarizare bază-emitor a tranzistorului T_2 creşte neavînd cădere de tensiune pe rezistenţa R_2 şi tranzistorul se saturează permiţînd trecerea curentului prin înfăşurarea primară. La deschiderea contactelor, tranzistorul T_1 se saturează şi tranzistorul T_2 se blochează.

Sisteme de aprindere cu contacte şi tiristor. Schema sistemului de aprindere cu tiristor este arătată în fig. 9.31. Pentru comanda tiristorului se foloseşte un transformator a cărui înfăşurare secundară este conectată între electrodul de comandă şi catodul tiristorului. În momentul închiderii contactelor ruptorului, în înfăşurarea secundară a transforma-

torului se induce impulsul de comandă datorit tensiunii electromotoare, care se aplică scurt timp electrodului de comandă şi tiristorul se deschide conectînd bobina de aprindere la sursă. După aceasta independent de faptul că impulsul a încetat, tiristorul spre deosebire de tranzistor rămîne deschis. La deschiderea contactelor raptorului în înfăşurarea secundară

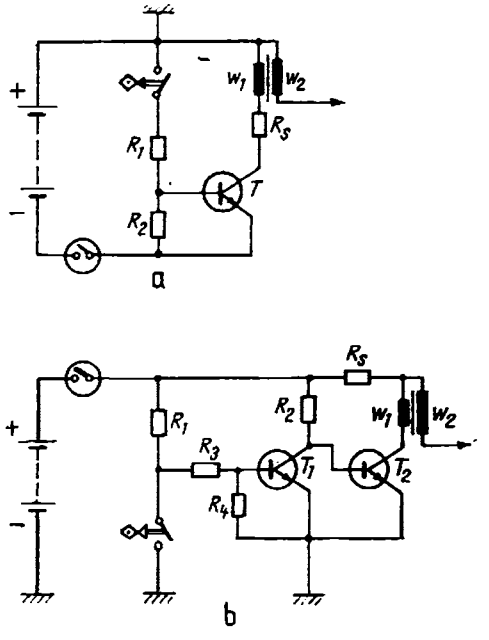


Fig. 9.30

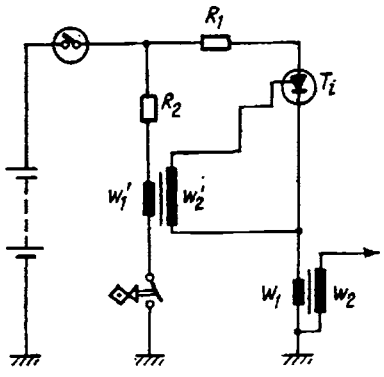


Fig. 9.31

a transformatorului se induce impulsul de comandă de polaritate inversă şi tiristorul se închide repede. În felul acesta în bobina de aprindere se produce tensiunea înaltă.

9.2.1.2. *Sistemele electronice de aprindere cu contacte avînd acumulare de energie capacitivă*

Sistemele de aprindere cu acumulare de energie capacitivă se pot împărţi în sisteme cu acumulare continuă de energie şi în sisteme de acumulare de energie prin impuls. La sistemele prin impuls procesul de încărcare—descărcare este separat de pauze.

Sistema de aprindere cu contacte şi tiristor cu acumulare continuă de energie capacitivă. Schema acestui sistem (fig. 9.32) cuprinde un convertor pentru dublă alternanţă cu tranzistoarele T_1 şi T_2, transformatorul T_r, rezistenţele R_2 şi R_3 şi condensatorul C_1.

Tensiunea de ieşire a convertorului static este redresată de un redresor pentru dublă alternanţă cu diodele D_1 şi D_2 care apoi încarcă capacitatea C_2 şuntată de rezistenţa R. Energia se transmite de la condensator la bobina de aprindere prin intermediul tiristorului T a cărui comandă este dată de ruptor.

Funcţionarea schemei este următoarea : la închiderea cheii de contact este pus în funcţiune convertorul, care comută curentul în înfăşurarea primară a transformatorului şi produce o tensiune alternativă mai ridicată în înfăşurarea secundară (200...500 V). Accastă tensiune după redresare

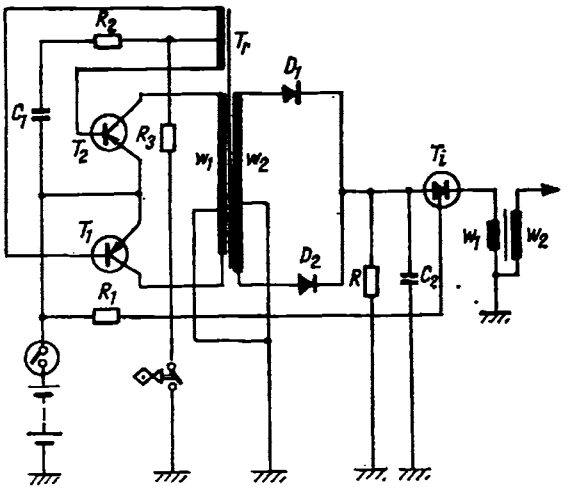


Fig. 9.32

încarcă condensatorul C_2. În acest timp contactele ruptorului se găsesc în starea închisă ceea ce face ca tiristorul să fie blocat.

Prin desfacerea contactelor ruptorului, tiristorul se deschide întrucît se aplică la electrodul de comandă tensiunea de la baterie prin rezistenţa R_1. O dată cu deschiderea tiristorului, condensatorul C_2 se descarcă pe înfăşurarea primară a bobinei de aprindere şi în înfăşurarea secundară se induce tensiunea înaltă.

La acest sistem se poate obţine o tensiune secundară practic constantă în funcţie de turaţia motorului

Sistemele de aprindere cu acumulare de energie capacitivă permit o mai mare viteză de creştere a tensiunii secundare, ceea ce face ca performanţele lor să fie mai puţin influenţate de rezistenţa de şuntare R_s. De asemenea tensiunea secundară variază mai puţin în funcţie de turaţia motorului, întrucît condensatoarele au timp să se încarce în întregime la toate regimurile de lucru al motorului.

Aceste sisteme prezintă în schimb dezavantajul că datorită vitezei mari de creştere a tensiunii, determină o creştere a tensiunii de străpungere

la bujii şi o micşorare a duratei componentei inductive a descărcării. Pentru a asigura arderea corespunzătoare a combustibilului, în special la sarcini parţiale, este necesar să se mărească distanţa între electrozii bujiilor (de ex. de la 0,7...0,9 la 1,2...1,5 mm). Sistemele de aprindere cu acumulare de energie capacitivă au un regim de lucru mai greu din punct de vedere al izolaţiei electrice la înaltă tensiune.

9.2.1.3. *Sistemele electronice de aprindere fără contacte. Generatoare de impulsuri*

Sistemele electronice de aprindere fără contacte cuprind următoarele elemente principale : generatorul de impulsuri, etajul de prelucrarea impulsurilor, etajul de ieşire cu bobina de aprindere, distribuitorul de aprindere şi bujiile. Aceste sisteme pot avea automate mecanice de avans sau automate electronice de avans.

Din punct de vedere al metodei de acumulare a energiei în etajul de ieşire, sistemele de aprindere fără contacte ca şi cele cu contacte se pot împărţi în sisteme cu acumulare de energie inductivă şi în sisteme cu acumulare de energie capacitivă.

După dispozitivele de comutaţie utilizate în etajul de ieşire sistemele cu comandă fără contacte se divid în : sisteme cu tranzistoare, cu tiristoare şi cu tiratroane.

Semnalele de comandă ale momentului formării scînteii la sistemele electronice de aprindere fără contacte sînt date de generatoarele de impulsuri. Acestea pot fi *generatoare normale* care produc o tensiune electromotoare, sau *generatoare parametrice* la care semnalul de ieşire se formează prin variaţia unui parametru al circuitului electric. Dintre generatoarele normale amintim generatoarele magneto-electrice şi generatoarele fotoelectrice, iar dintre generatoarele parametrice amintim generatoarele cu inductanţe mutuale, cu rezistenţe fotoelectrice capacitive şi piezoelectrice. Mai amintim generatoarele cu efect Hall şi generatoarele cu frecvenţă purtătoare etc.

Între generatorul de impulsuri şi etajul de ieşire se află etajul de prelucrarea impulsurilor, care amplifică şi converteşte semnalele de comandă. Etajul de prelucrarea impulsurilor poate cuprinde unul sau mai multe etaje de amplificare, un vibrator, un triger, un redresor, sau o combinaţie a acestor scheme. Există şi sisteme în care etajul de prelucrarea impulsurilor lipseşte.

Generatoare de impulsuri fără contacte pentru sisteme de aprindere. Generatoarele de impulsuri sînt fixate în distribuitoarele de aprindere în locul ansamblelor ruptoare, fie în altă parte spre exemplu pe roţile-volante. Generatoarele trebuie să producă modificări ale parametrilor electrici suficient de mari şi pe cît posibil fără modificarea fazei în raport cu mişcarea mecanică.

Generatorul de impulsuri magnetoelectric. Acest tip de generator funcţionează pe baza legii inducţiei electromagnetice şi cuprinde (fig. 9.33, *a*) un magnet permanent antrenat de la arborele motorului şi o bobină fixă. Circuitul magnetic este închis prin intermediul unei piese polare rotorice din material magnetic, care are un număr de poli egali cu numărul de cilindri ai motorului. Tensiunea electromotoare produsă depinde de viteza de variaţie a fluxului magnetic în funcţie de unghiul de rotaţie şi de viteza motorului. Pentru a obţine impulsuri suficient de mari la turaţii mici ale motorului (la pornire) trebuie să se asigure variaţii mari ale întrefierului prin alegerea unei forme corespunzătoare a piselor polare.

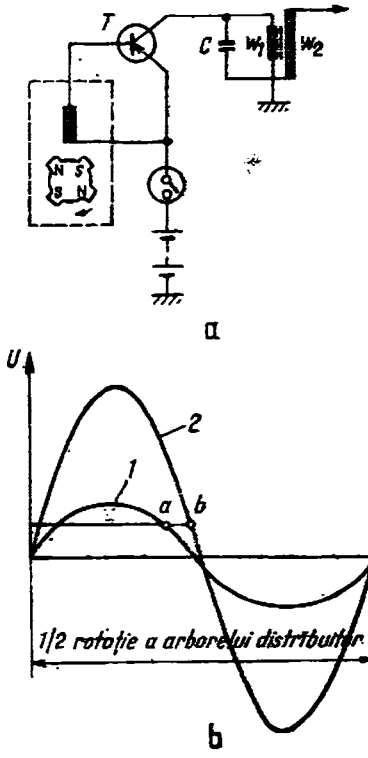


Fig. 9.33

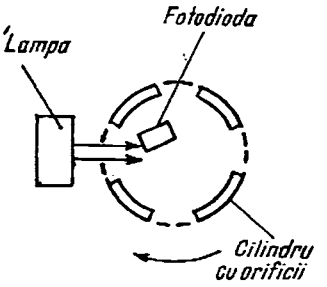


Fig. 9.34

O problemă care trebuie avută în vedere este modificarea unghiului de producere a scînteii în funcţie de turaţie. Într-adevăr dacă considerăm că tranzistorul de intrare *T* fig. 9.33, *a*, comută la un anumit nivel de tensiune (linia *a*—*b* fig. 9.33, *b*) rezultă că la viteze unghiulare mici (punctul *a* curba *1* fig. 9.33, *b*) scînteia se produce mai devreme decît la viteze mari

(punctul *b* curba *2* fig. 9.33, *b*). În felul acesta o dată cu creşterea vitezei unghiulare de rotaţie va avea loc o întîrziere automată a aprinderii, care trebuie diminuată sau compensată. Diminuarea întîrzierii la aprindere se poate obţine prin utilizarea pieselor polare asimetrice. Compensarea se poate face în principiu cu automate mecanice de avans însă practic este dificil de realizat. Se preferă utilzarea etajelor de formare a impulsurilor, care permit producerea unor scîntei corespunzătoare la viteze de 50 rot/min, ale motorului.

Utilizarea generatoarelor de impulsuri magnetoelectrice cu comanda pe volant prezintă unele avantaje în ce priveşte eliminarea vibraţiilor şi eventuale torsiuni, în schimb nu permite utilizarea sistemelor clasice de reglaj a unghiului de avans.

Generatorul de impulsuri fotoelectric. Acest generator se bazează pe variaţia unei mărimi electrice într-un element fotoelectric sub acţiunea luminii (fig. 9.34). Între sursa de lumină fixată rigid şi generatorul fotoelectric se introduce un cilindru sau un disc avînd un număr de orificii egal cu numărul de cilindri ai motorului. Cilindrul este montat în locul ruptorului şi este antrenat de la motor. În funcţie de unghiul de rotaţie, raza de lumină va fi obturată sau va scădea pe elementul fotosensibil care va transforma acest semnal într-o variaţie de mărime electrică. În locul elementelor fotoelectrice, care generează o tensiune proporţională cu intensitatea iluminării, se pot utiliza rezistenţe foto (diode), la care rezistenţa variază sub acţiunea luminii.

Problema cheie a generatorului de impulsuri fotoelectrice este corpul de iluminat, care trebuie să fie rezistent la şocuri şi să aibă durabilitate mare. Corpurile de iluminat cu filament special rezolvă numai în parte aceste cerinţe, iar elementele semiconductoare care emit lumină sînt prea scumpe. Generatorul de impulsuri fotoelectrice trebuie construit în aşa fel încît să nu fie posibilă obturarea sursei de lumină sau a receptorului.

9.2.1.4. *Sistemele electronice de aprindere fără contacte cu acumulare de energie inductivă*

În cele ce urmează vom arăta două exemple ale unor astfel de sisteme de aprindere.

Sistem de aprindere cu tranzistoare avînd generator de impulsuri magnetoelectric. Funcţionarea sistemului (fig. 9.35) este următoarea: în situaţia iniţială cînd rotorul generatorului stă pe loc, tranzistorul de intrare T_3 este blocat, iar tranzistoarele T_2 şi T_1 sînt deschise. În felul acesta prin înfăşurarea primară a bobinei de aprindere circulă un curent, iar condensatorul C_1 se încarcă cu polaritatea arătată în figură. O dată cu mişcarea rotorului generatorului de impulsuri, se produce un semnal astfel că în semiperioada pozitivă a tensiunii tranzistorului de intrare T_3 se deschide, condensatorul C_1 se descarcă şi tranzistoarele T_2 şi T_1 trec în stare de blocare. Curentul prin înfăşurarea primară a bobinei de

aprindere se întrerupe şi se produce înalta tensiune în secundar. O dată cu blocarea tranzistorului T_1 se reduce curentul prin rezistenţa R_1, creşte curentul care circulă prin rezistenţa R_4 şi prin înfăşurarea generatorului de impulsuri. În rezistenţa R_4 se produce o reacţie pozitivă, care face ca procesele de deschidere a tranzistorului de intrare T_3 şi de închidere a tranzistoarelor T_2 şi T_1 să se facă în avalanşe. Starea blocată a tranzistoarelor T_2 şi T_1 este limitată, întrucît după un anumit interval de timp condensatorul C_1 se descarcă şi tranzistoarele T_2 şi T_1 se deschid din nou. Condensatorul C_1 începe din nou să se încarce, sistemul revine

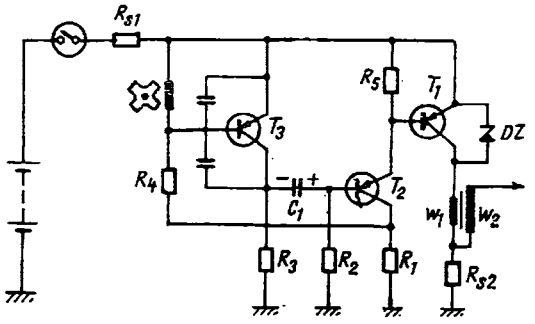


Fig. 9.35

la starea anterioară stabilă şi se găseşte în această stare pînă la aplicarea impulsului următor.

Sisteme de aprindere cu avans automat electronic al aprinderii. Automatele mecanice de avans ale aprinderii prezintă o serie de deficienţe cum ar fi : abaterea caracteristicilor de avans de la unghiurile de avans optim al aprinderii, histerezis însemnat care creşte în exploatare, inerţie în funcţionare şi altele. Aceste deficienţe pot fi înlăturate în cea mai mare parte prin utilizarea unor automate de avans electronice.

În acest scop pentru variaţia momentului producerii scînteilor în funcţie de mărimea sarcinii motorului şi de viteza unghiulară de rotire a arborelui cotit se folosesc generatoare suplimentare, care acţionează asupra etajului de formare a impulsurilor. În fig. 9.36 este arătată schema unui sistem de aprindere cu avans automat electronic. Sistemul constă din generatorul magnetoelectric cu înfăşurarea w_i pentru producerea impulsurilor de aprindere, blocul electronic cu tranzistoarele T_3, T_2, T_1 şi generatorul combinat de avans al aprinderii cu înfăşurările w_d şi w_n.

Generatorul combinat de avans al aprinderii cuprinde un generator al avansului în funcţie de depresiune (înfăşurarea w_d) cu o punte redresoare, un condensator de filtrare C_2 şi un potenţiometru R_5, al cărui cursor este legat cu clapeta de accelerare a motorului şi un generator al avansului funcţie de turaţie (înfăşurarea w_n) avînd o punte redresoare, o punte de încărcare neliniară şi un condensator de netezire C_3.

Principiul de funcţionare al schemei de comutare al acestui sistem este analog principiului de funcţionare al schemelor anterioare. Avansul automat al aprinderii se realizează în modul următor: generatorul w_i produce impulsuri corespunzătoare unghiului de avans fix necesar la pornire şi la mersul în gol al motorului. O dată cu mărirea vitezei de rotaţie

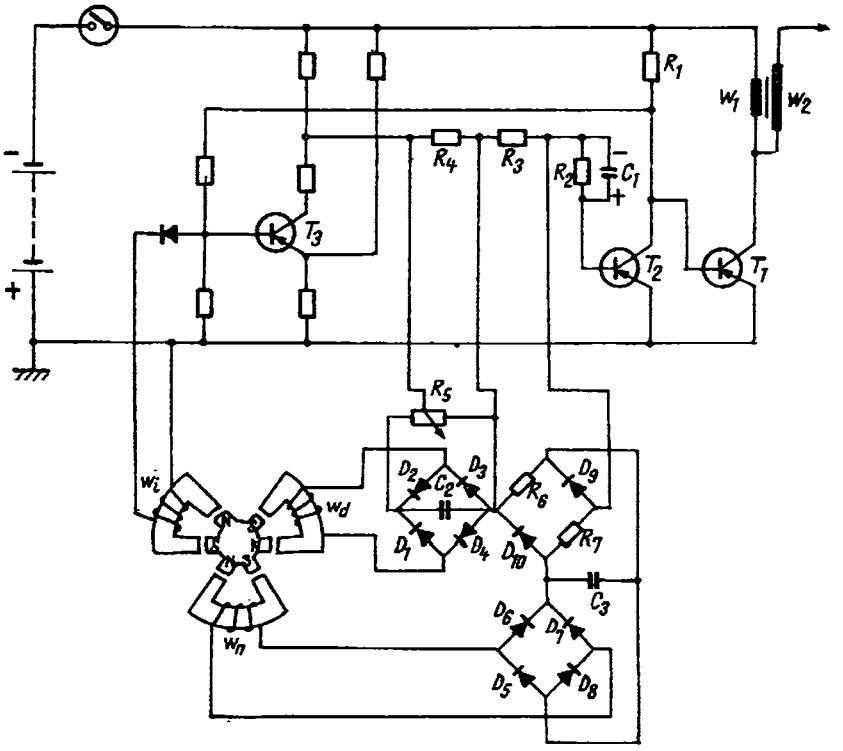


Fig. 9.36

apare o tensiune la ieşirea generatorului w_n astfel că timpul în care tranzistorul T_2 este deconectat se micşorează producînd avansul la aprindere funcţie de turaţie. Tensiunea produsă de generatorul w_d la bornele potenţiometrului R_5 conduce de asemenea la reducerea timpului în care tranzistorul T_2 este deconectat şi ca atare se produce avansul aprinderii în funcţie de sarcina motorului.

9.2.2. CARACTERISTICILE DE FUNCŢIONARE ALE APARATELOR DE APRINDERE ELECTRONICE CU CONTACTE

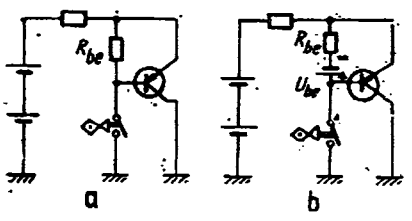
În cele ce urmează ne vom referi la probleme care privesc sistemele de aprindere tranzistorizate cu contacte, întrucît acestea sînt cele mai răspîndite dintre sistemele de aprindere electronice.

Performanțele sistemelor depind în mare măsură de caracteristicile schemelor utilizate. După cum s-a arătat, în timpul funcționării tranzistorul se poate afla în diferite situații.

În starea saturată, corespunzătoare închiderii contactelor ruptorului, se obține valoarea maximă a curentului de colector $I_{C\,max}$ căruia îi corespunde tensiunea colector-emitor de saturație U_{CEs}.

În starea blocată, corespunzătoare deschiderii contactelor, prin colector trece un curent rezidual I_{C0} a cărui valoare depinde de valoarea rezistenței de polarizare R_{be}, conectată între emitor și bază (fig. 9.37, *a*), respectiv a tensiunii de blocare U_{be} aplicată între emitor și bază (fig. 9.37, *b*). Acest curent este cu atît mai mare cu cît crește temperatura ambiantă.

Valorile ridicate ale curentului rezidual de colector în situația de blocare pot duce la funcționarea tranzistorului în zona de disipație periculoasă și deci la distrugerea lui. Se poate



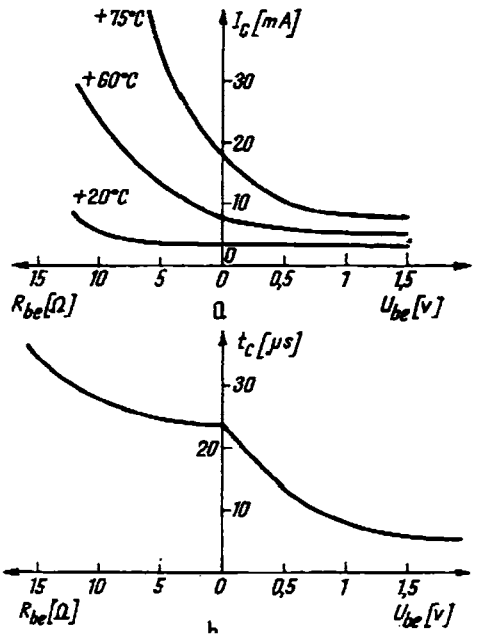


Fig. 9.37

micșora valoarea curentului rezidual prin scăderea valorii rezistenței de polarizare, sau prin mărirea tensiunii de blocare, obținînd totodată o scădere a timpului de comutație t_c al tranzistorului. Pentru a obține condiția de blocate a tranzistoarelor cu germaniu este necesar să se aplice o tensiune inversă între emitor și bază.

9.2.2.1. *Funcționarea tranzistoarelor în regim de comutație*

Înainte de a arăta problemele privind procesele tranzitorii în sistemele de aprindere tranzistorizate, vom analiza particularitățile funcționării tranzistorului cu sarcină inductivă în regim de comutație.

Considerăm cazul cînd inductivitatea este introdusă în circuitul emitorului tranzistorului. Dacă sarcina tranzistorului ar fi fost pur activă ($L_1 = 0$), atunci după întreruperea circuitului bazei, curentul de emitor nu s-ar întrerupe instantaneu, ci ar scădea după o exponențială. La sarcină inductivă ($L_1 \neq 0$), procesul scăderii curentului se schimbă, căci tensiunea electromotoare indusă în inductanță în numite condițiuni poate determina o străpungere în avalanșa a tranzistorului. În acest caz tensiunea electromotoare indusă în bobină se limitează la tensiunea de străpungere a tranzistorului U_s

$$u_{s1} \ll U_s - U_b \text{ la } t = 0. \tag{9.42}$$

Tensiunea de străpungere numită și tensiunea primei străpungeri depinde de condițiile de blocare a tranzistorului.

Variația punctului de funcționare pe caracteristica voltamperică a tranzistorului la comutația periodică a circuitului bazei, va fi următoarea (fig. 9.38): după închiderea contactelor întreruptorului punctul de funcționare se schimbă din poziția A (starea la limita blocării) în poziția B și apoi pe măsura creșterii curentului primar se schimbă în poziția C.

După întreruperea circuitului bazei, în momentul inițial, punctul de funcționare al tranzistorului trece din poziția C în poziția D și apoi pe măsura micșorării curentului urmînd porțiunea caracteristicii voltamperice corespunzătoare străpungerii în avalanșe trece din nou în poziția A. În felul acesta în momentul inițial după desfacerea contactelor întreruptorului tensiunea U_{CE} a tranzistorului atinge o mărime egală cu tensiunea U_s (punctul D fig. 9.38).

În cele ce urmează arătăm procesele de lucru în sistemele de aprindere tranzistorizate cu contacte. Menționăm că analiza acestor sisteme este în întregime aplicabilă la sistemele de aprindere electronce fără contacte.

Procesele de lucru ale sistemelor de aprindere cu contacte tranzistorizate, ca și ale sistemelor clasice cuprind trei etape:

1) procese desfășurate după închiderea contactelor pînă în momentul deschiderii lor;

2) procese desfășurate după deschiderea contactelor pînă la începutul străpungerii;

3) procese ale străpungerii intervalului de scîntei.

Considerăm că procesele se produc în circuitul primar al unui sistem de aprindere, la care funcția de întreruptor este îndeplinită de un singur tranzistor.

9.2.2.2. *Procese desfășurate în circuitul primar după închiderea contactelor ruptorului*

Neglijăm inerția de comutare a tranzistorului și presupunem că circuitul secundar al sistemului nu influențează asupra procesului de creș-

tere a curentului în înfăşurarea primară. Schema echivalentă a circuitului primar este reprezentată în fig. 9.39. Tranzistorul este înlocuit prin rezistenţa porţiunii bază-emitor R_{BE} şi prin rezistenţa porţiunii emitor-colector R_{EC} la saturaţie. Aceste rezistenţe se pot determina din caracteristicile

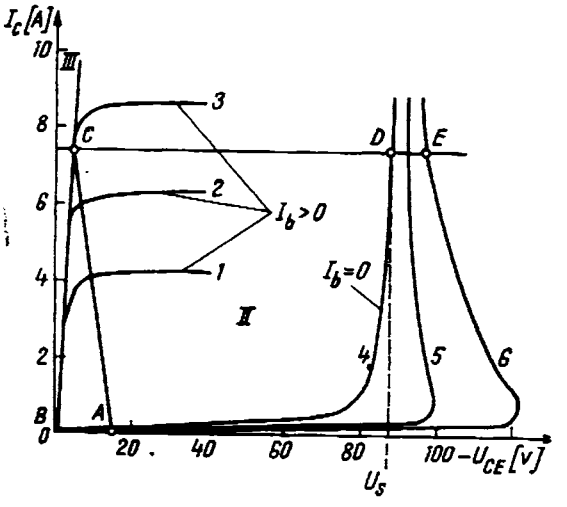


Fig. 9.38

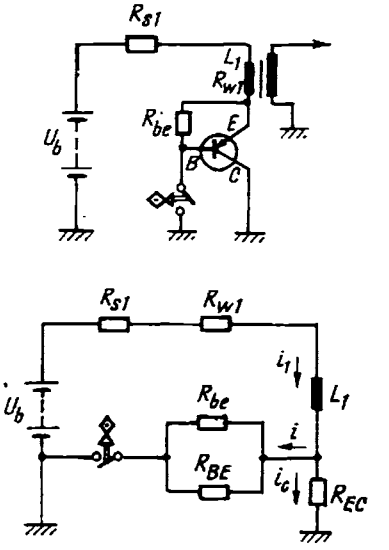


Fig. 9.39

tranzistorului. Se consideră rezistenţa între bază şi colector practic infinită.

După închiderea contactelor întreruptorului în circuitul primar începe să treacă un curent i_1 conform ecuaţiei

$$i_1 R_{1\Sigma} + L_1 \frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} = U_b. \tag{9.43}$$

În această relaţie rezistenţa totală a circuitului primar $R_{1\Sigma}$ are expresia

$$R_{1\Sigma} = R_{w1} + R_{s1} + \frac{R_{EC} \cdot R_{BE} \cdot R_b}{R_{EC} \cdot R_{BE} + R_{EC} R_b + R_{BE} R_b} \tag{9.44}$$

şi considerînd $R_{EC} \ll R_{BE}$ şi $R_{EC} \ll R_o$ putem scrie

$$R_{1\Sigma} \approx R_{w1} + R_{s1} + R_{EC}. \tag{9.45}$$

Dacă $R_{1\Sigma} = \text{const}$ şi $L_1 = \text{const}$, prin rezolvarea ecuaţiei obţinem

$$i_1 = \frac{U_b}{R_{1\Sigma}}\left(1 - e^{-\frac{R_{1\Sigma}}{L_1}t}\right). \tag{9.46}$$

În mod asemănător cu sistemele de aprindere clasice, la sistemul de aprindere cu contacte tranzistorizat, valoarea curentului primar creşte după o lege exponenţială tinzînd către valoarea

$$I_{1\infty} = \frac{U_b}{R_{1\Sigma}}. \tag{9.47}$$

Valoarea curentului primar maxim este determinată în primul rînd de valorile rezistenţei suplimentare R_{s1} şi a rezistenţei înfăşurării primare a bobinei de aprindere R_{w1}. La tranzistoarele cu germaniu rezistenţa de saturaţie $R_{EC} \approx 0{,}5 \ldots 0{,}6\ \Omega$ poate fi neglijată. În acest caz curentul care trece prin contacte va fi

$$i = i_1 - i_c = \frac{i_1}{1 + \dfrac{R_{BE} \cdot R_b}{R_{EC}(R_{BE} + R_b)}}. \tag{9.48}$$

Dacă se consideră $R_{BE} \approx R_b$ atunci

$$i = \frac{i_1}{1 + \dfrac{h_{21E}}{2}} \tag{9.49}$$

unde h_{21E} este factorul de amplificare al curentului.

Curentul care trece prin contacte reprezintă 10...15% din curentul primar, astfel că nu se produce uzuri accentuate ale contactelor şi condensatorul nu mai este necesar.

O dată cu creşterea curentului primar apar tensiuni electromotoare mari în înfăşurări. Întrucît sistemele de aprindere electronice au în general un raport de transformare $\frac{w_2}{w_1}$ mare, tensiunea secundară care apare

$$u_{e2} = U_b \cdot k \frac{w_2}{w_1} e^{-\frac{R_{1\Sigma}}{L_1}t} \tag{9.50}$$

poate atinge valori de ordinul a 3 kV şi ca urmare trebuie să fie luată în considerare.

În momentul deschiderii contactelor întreruptorului curentul de rupere are valoarea

$$I_r = \frac{U_b}{R_{1\Sigma}}\left(1 - e^{-\frac{R_{1\Sigma}\,\tau_k\,120}{L_1\,z n_m}}\right). \tag{9.51}$$

După cum se vede procesul de funcţionare al sistemului de aprindere cu contacte tranzistorizat, în timpul închiderii contactelor, se ascamănă cu cel al sistemului clasic.

9.2.2.3. *Procese tranzitorii după deschiderea contactelor ruptorului*

Schema echivalentă a sistemului de aprindere tranzistorizat după desfacerea contactelor ruptorului este arătată în fig. 9.40.

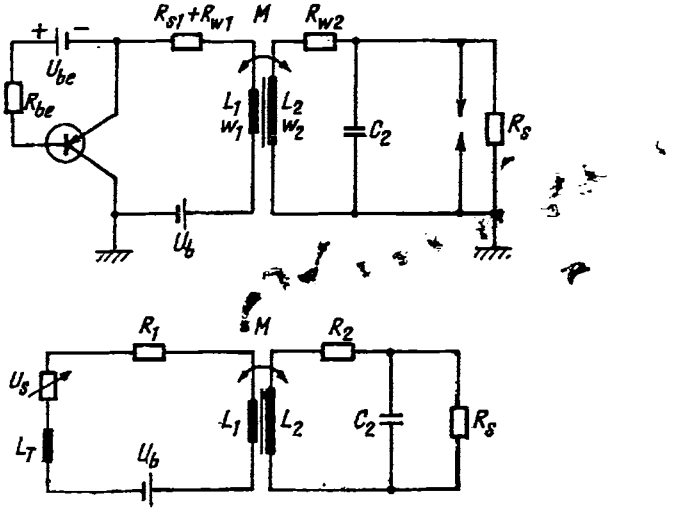


Fig. 9.40

Tranzistorul este înlocuit printr-un dipol cu parametrii L_T, R_T şi U_s, care sînt consideraţi ca fiind dependenţi de curent. Inductivitatea L_T caracterizează proprietăţile inerţiale ale tranzistorului, rezistenţa R_T este rezistenţa dinamică a tranzistorului, iar U_s este tensiunea de străpungere în avalanşe (din catacteristica voltamperică a tranzistorului). Rezistenţele R_{w1}, R_{s1} şi R_T sînt înlocuite în continuare printr-o singură rezistenţă a circuitului primar R_1, iar rezistenţele din circuitul secundar sînt înlocuite prin rezistenţa R_2. Capacităţile din circuitul secundar le considerăm concentrate în C_2.

Rezistența echivalentă R_s corespunde : rezistenței de șuntare a bujiilor și pierderilor prin histerezis și curenți turbionari din circuitul magnetic și din izolația de înaltă tensiune.

Pentru început considerăm rezistența echivalentă $R_s = \infty$, ceea ce corespunde unui sistem funcționînd în circuit deschis fără străpungerea intervalului pentru scîntei. În plus considerăm pentru calcule ipoteza simplificatoare că tranzistorul are o caracteristică idealizată, care menține curentul de rupere I_r constant pînă cînd tensiunea U_{CE} ajunge egală cu U_s cînd curentul scade brusc la zero.

Pentru schema din fig. 9.40 sînt valabile următoarele ecuații

$$i_1 R_1 + (L_1 + L_T)\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} + M\frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} = U_b - U_s ; \tag{9.52}$$

$$i_2 R_2 + L_2\frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t} + M\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} + u_2 = 0 ; \tag{9.53}$$

$$i_2 = i_c = C_2\frac{\mathrm{d}u_2}{\mathrm{d}t} . \tag{9.54}$$

Rezolvînd ecuațiile și folosind notațiile

$$k^2 = \frac{M}{L_1 L_2} ; \tag{9.55}$$

$$\alpha = \frac{1}{2\left(1 - k^2\dfrac{L_1}{L_1 + L_T}\right)} \cdot \left[\frac{R_1 k^2 L_1}{(L_1 + L_T)^2} + \frac{R_2}{L_2}\right] \tag{9.56}$$

și

$$\Omega = \sqrt{\frac{1}{L_2 C_2\left(1 - k^2\dfrac{L_1}{L_1 + L_T}\right)}} , \tag{9.57}$$

se obține expresia tensiunii secundare [22]

$$u_2(t) = (U_s - U_b + R_1 I_r)\frac{w_2}{w_1}\frac{k}{1 + \dfrac{L_T}{L_1}}\left(\mathrm{e}^{-\frac{R_1}{L_1 + L_T}t} - \mathrm{e}^{-\alpha t}\cos\Omega t\right) \tag{9.58}$$

În mod analog se poate obține expresia curentului primar

$$i_1(t) = \left[I_r e^{-\frac{R_1}{L_1+L_T}t} - \frac{U_s - U_b}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1+L_T}t}\right) - \right.$$

$$\left. - \frac{(U_s - U_b + R_1 I_r)}{\Omega (L_1 + L_T)} e^{-\alpha t} \sin \Omega t = i_{1e} - i_{1o}. \right. \qquad (9.59)$$

Curentul primar poate fi reprezentat prin două componente (fig. 9.41). Componența exponențială i_{1e} depinde de parametrii circuitului primar,

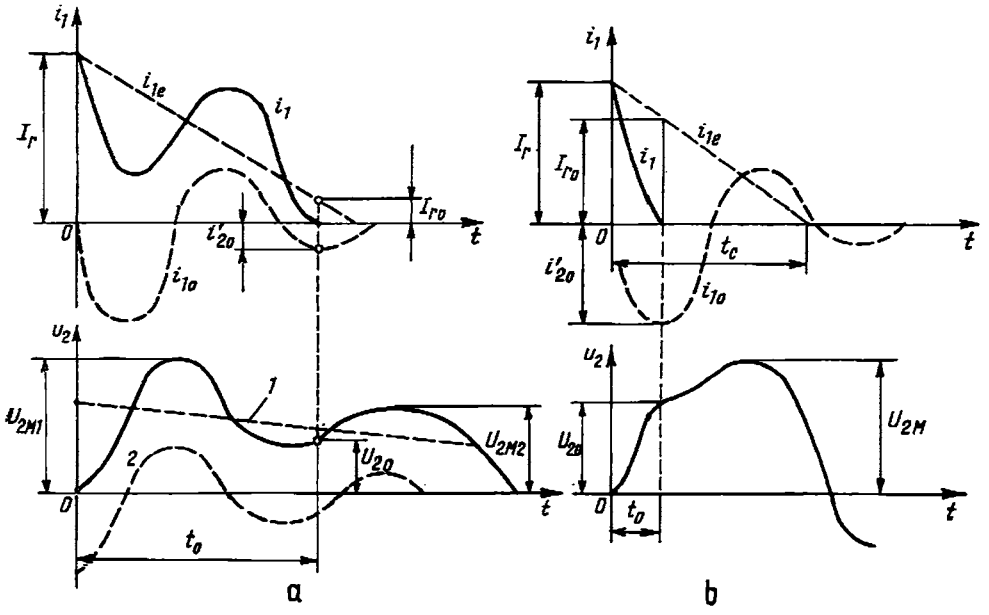


Fig. 9.41

în timp ce componenta oscilatorie i_{1o} caracterizează reacția circuitului secundar asupra variației curentului primar.

În funcție de relația cantitativă dintre componente se schimbă caracterul procesului tranzistoriu care are loc. Spre exemplu curentul primar poate să treacă prin zero în decursul celei de a doua perioade a oscilațiilor (fig. 9.41, *a*), sau în decursul primei semiperioade a oscilațiilor (fig. 9.41, *b*).

În primul caz, la anumiți parametri ai circuitelor și tranzistorului, pentru valori mari ale curentului I_r și inductivității L_1 și valori mici ale capaci-

tății C_2, procesul de blocare al tranzistorului se produce în a doua semiperioadă a componentei oscilatorii (fig. 9.41, *a*) sau chiar la sfîrșitul procesului tranzistoriu. Curba curentului primar are caracter oscilator. Unda tensiunii secundare în acest caz are două maxime sau mai multe. Valoarea primului maxim se poate determina egalînd cu zero derivata $\frac{du_2}{dt}$ din relația (9.58) și considerînd că maximul se obține după un timp corespunzător la $\frac{\pi}{2}$

$$U_{2M1} \approx (U_s - U_b + R_1 I_r) \frac{w_2}{w_1} \frac{k}{1 + \frac{L_T}{L_1}} \left(1 + e^{-\frac{\pi\alpha}{2\Omega}}\right). \qquad (9.60)$$

Maximul tensiunii secundare este determinat în special de tensiunea de străpungere a tranzistorului U_s și de raportul de transformare al bobinei de aprindere. În cazul unei bobine de aprindere ideale, la care nu se produc pierderi de energie ($\alpha = 0$), maximul tensiunii seecundare poate atinge valori egale cu produsul dublului tensiunii de străpungere a tranzistorului prin raportul de transformare al bobinei.

Mărimea curentului de rupere I_r are o influență sensibilă asupra tensiunii U_{2M} doar în cazul în care după desfacerea contactelor întreruptorului rezistența R_1 crește. În fig. 9.42 este arătată dependența tensiunii U_{2M} de curentul I_r pentru diferite valori ale rezistenței de șuntare a bujiei R_s.

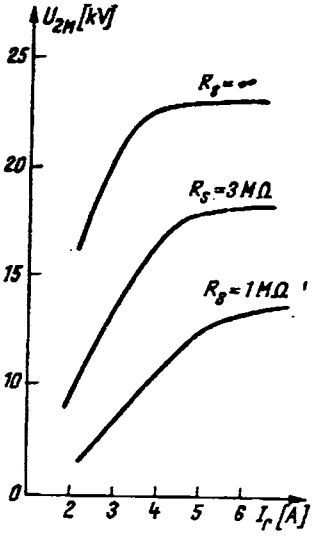


Fig. 9.42

Spre deosebire de sistemele de aprindere clasice, la sistemele tranzistorizate începînd cu o anumită valoare a curentului de rupere ($I_r = 5$ A), tensiunea secundară nu mai depinde de valoarea acestuia. Tensiunea începe să se limiteze și în cazul în care tensiunea electromotoare atinge mărimea $U_s = U_b$.

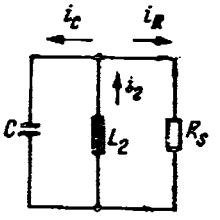


Fig. 9.43

Dependența apreciabilă a tensiunii secundare U_{2M} de rezistența de șuntare R_s se datorește raportului mare de transformare a bobinelor utilizate pentru sistemele de aprindere tranzistorizate.

În al doilea caz curentul primar poate să treacă prin zero în cursul primei semiperioade a componentei oscilatorii (fig. 9.41, *b*). În momentul întreruperii curentului la $t = t_0$ cele două componente ale curentului primar au valori egale și de semn contrar $i_{1c} = i_{1o}$, tensiunea secundară are valoarea $u_2 = U_{20}$, iar curentul secundar $i_2 = I_{20}$ se poate determina din partea exponențială a formulei (9.59) dacă se consideră $t = t_0$ respectiv timpul cînd $i_1 = 0$ (fig. 9.41, *b*). În acest caz

$$I_{20} = \frac{w_1}{w_2} I_{r0} = \frac{w_1}{w_2} I_r \left(1 - \frac{t_0}{t_c}\right), \tag{9.61}$$

unde I_{r0} este curentul de rupere al înfășurării primare a bobinei în momentul $t = t_0$ și

$$t_c = \frac{L_1 + L_T}{R_1} \ln\left(1 + \frac{I_r R_1}{U_s - U_b}\right). \tag{9.62}$$

Pentru determinarea valorii tensiunii secundare maxime, considerăm că după întreruperea curentului primar, circuitul primar practic nu influențează asupra proceselor de oscilații libere din circuitul secundar. În acest caz luăm în considerare schema echivalentă simplificată din fig. 9.43, care corespunde unei rezistențe finite a bujiilor R_s. Rezistența R_t poate lua în considerație atît rezistențele din circuitul secundar cît și rezistența tranzistorului din primar raportată la circuitul secundar.

Dacă considerăm t_0 relativ mic putem aproxima $U_{20} = 0$ și obținem următoarele ecuații:

$$i_2 = i_c + i_R = C_2 \frac{du_2}{dt} + \frac{u_2}{R_s}; \tag{9.63}$$

$$u_2 = -L_2 \frac{di_2}{dt}, \tag{9.64}$$

de unde rezultă ecuația diferențială

$$\frac{d^2u_2}{dt^2} + \frac{du_2}{C_2 R_s dt} + \frac{u_2}{C_2 L_2} = 0. \tag{9.65}$$

Pentru cazul cînd

$$\frac{1}{L_2 C_2} > \frac{1}{2 R_2 C_2} \tag{9.66}$$

obținem un proces oscilant cu expresia tensiunii secundare

$$u_2 = \frac{I_{20}}{C_2 \Omega_2} e^{-\alpha_2 t} \sin \Omega_2 t, \tag{9.67}$$

în care s-au folosit notațiile:

$$\alpha_2 = -\frac{1}{2R_s C_2}; \tag{9.68}$$

$$\Omega_2 = \sqrt{\frac{1}{L_2 C_2} - \left(\frac{1}{2R_s C_2}\right)^2}. \tag{9.69}$$

Valoarea maximă a tensiunii se obține egalînd derivata cu zero

$$U_{2M} = I_r \left(1 - \frac{t_0}{t_c}\right) \sqrt{\frac{L_1}{C_2}} \cdot D \tag{9.70}$$

unde

$$D = e^{-\frac{1}{\sqrt{4\frac{R_s^2 C_2}{L_1} - 1}} \cdot \operatorname{arc\,tg} \sqrt{\frac{4R_s^2 C_2}{L_1} - 1}} \tag{9.71}$$

Tensiunea secundară maximă este direct proporțională cu curentul de rupere din înfășurarea primară și crește o dată cu scăderea timpului de comutare a tranzistorului. Ca și în cazul sistemelor de aprindere clasice tensiunea secundară crește o dată cu creșterea inductivității primare și cu scăderea capacității și pierderilor din sistem.

După cum se vede expresia tensiunii secundare maxime în acest caz diferă de cazul sistemelor de aprindere clasice prin existența factorului care consideră micșorarea curentului în înfășurarea primară a bobinei de inducție după momentul comutării tranzistorului.

În regimul de comutație considerat, curentul tranzistorului scade pînă la zero de 5.. 10 ori mai repede decît în cazul anterior. Un astfel de regim de comutație numit regim de blocare efectivă urmează să fie considerat normal pentru sistemele de aprindere cu tranzistoare. Pentru realizarea lui este necesar a fi îndeplinite un șir de condiții.

Din ecuația (9.59) se poate găsi relația aproximativă corespunzătoare cazului critic cînd valoarea maximă a lui i_{1c} este egală cu valoarea i_{1e}. După cîteva transformări se obține [22]

$$C_2 > \frac{L_1 + L_T}{1 - k^2 \frac{L_1}{L_1 + L_T}} \left(\frac{I_r}{U_s - U_b + R_1 I_1}\right)^2 \left(\frac{w_1}{w_2}\right)^2 e^{-\frac{\pi x}{\Omega}}. \tag{9.72}$$

Din această inegalitate rezultă că curentul de rupere I_r pentru parametrii dați ai bobinelor de aprindere și ai tranzistorului nu trebuie să depășească o anumită valoare, pentru că în caz contrar regimul de blocare efectivă nu va mai fi realizat. Capacitatea secundară C_2 trebuie să fie cu atît mai mare cu cît este mai mare curentul de rupere I_r, inductivitatea bobinei de aprindere L_1 și inductivitatea aparentă a tranzistorului L_T. La tensiuni de străpungere mai mari ale tranzistorului pentru realizarea blocării efective este necesară o capacitate secundară mai mică.

De obicei parametrii din inegalitatea (9.72) sînt determinați din considerații constructive sau din caracteristicile de lucru și se poate varia numai raportul de transformare.

9.2.2.4. *Străpungerea intervalului dintre electrozi și procesele de descărcare*

Primul stadiu al descărcării prin scîntei în sistemele de aprindere tranzistorizate cu contacte este o descărcare capacitivă. Inductanța înfășurării secundare nu participă la acest proces, întrucît prezintă o reactanță prea mare pentru curentul de descărcare capacitiv.

În absența rezistenței pentru atenuarea paraziților, procesele de descărcare au o frecvență de ordinul $10^6 \ldots 10^7$ Hz. Impulsul curentului capacitiv este de zeci sau sute de amperi. Valoarea sa depinde de tensiunea de străpungere a bujiilor, de intervalul dintre electrozi, de capacitatea conductelor de înaltă tensiune și de alți factori. În cazul folosirii unor rezistențe de antiparazitare (de 5...15 kΩ) curentul descărcării capacitive variază aperiodic avînd un impuls cu valoarea de 0,5...1 A și durata de 1...3 μs.

După aceasta urmează descărcarea inductivă, care depinde de parametrii circuitului secundar. La sistemele de aprindere tranzistorizate timpul de descărcare inductivă crește în comparație cu timpul descărcării inductive la sistemele clasice, fapt care se explică prin creșterea inductanței înfășurării secundare. Creșterea timpului de descărcare inductivă poate duce la creșterea energiei de descărcare, ceea ce avantajează pornirea motorului și funcționarea la relanti.

9.2.3. CONSTRUCȚIA APARATELOR DE APRINDERE ELECTRONICE CU CONTACTE

Construcția aparatelor de aprindere electronice cu contacte ridică o serie de probleme noi față de aparatele de aprindere clasice. Astfel, în timp ce ruptor-distribuitorul se modifică numai prin eliminarea condensatorului, care nu mai este necesar datorită reducerii curentului prin contacte, bobina de aprindere trebuie înlocuită pentru a micșora solicitările tranzistorilor, datorită supratensiunilor care apar la deschiderea contactelor și pentru a putea mări energia de aprindere.

De asemenea trebuie rezolvate o serie de probleme legate de construcţia blocului electronic cum ar fi alegerea regimurilor de funcţionare ale tranzistoarelor, dimensionarea elementelor blocului electronic, protecţia tranzistoarelor împotriva supratensiunilor etc.

9.2.3.1. *Ruptor-distribuitorul pentru aprindere*

Sistemele de aprindere tranzistorizate funcţionează la curenţi prin contacte de 0,5...1,5 A, ceea ce face ca ele să aibă o durată de funcţionare mai mare decît sistemele clasice, chiar dacă se elimină condensatorul. În acelaşi timp creşte intervalul necesar între două reglări a distanţei între contacte. Unghiul relativ de închiderea contactelor poate să crească o dată cu scăderea distanţei între contacte, întrucît pericolul apariţiei arcului electric este mai mic.

Este de remarcat faptul că odată cu micşorarea uzurii contactelor, perioada între două revizii este determinată de uzura ciocănelului pîrghiei ruptorului. În timp ce la sistemele de aprindere clasice modificarea reglajului avansului datorită uzurii contactelor era parţial compensată de uzura ciocănelului, la sistemele tranzistorizate cu contacte este important să se micşoreze uzura ciocănelului o dată cu micşorarea uzurii contactelor. Pentru aceasta odată cu micşorarea distanţei între contacte se micşorează presiunea arcului ruptorului ţinînd seama de limita admisă pentru salturile ciocănelului.

9.2.3.2. *Bobina de aprindere*

La funcţionarea sistemelor de aprindere tranzistorizate există regimuri în care tensiunile induse în înfăşurările primare după întreruperea contactelor ating 200...400 V şi în anumite condiţiuni chiar mai mult (la tensiuni de alimentare ridicate şi circuit secundar deschis). Tranzistoarele, în special cele cu germaniu, nu suportă astfel de tensiuni.

În funcţie de tipul tranzistoarelor şi de schema utilizată este necesar să se aleagă o bobină de aprindere cu un raport de transformare corespunzător. Creşterea raportului de transformare este însoţită de obicei de reducerea numărului de spire din înfăşurărea primară. Odată cu aceasta scade valoarea inductivităţii primare, ceea ce determină micşorarea timpului de creştere a curentului primar (bobine rapide). Pentru a asigura energia necesară pentru aprinderc trebuie să se mărească valoarea curentului prin înfăşurarea primară, ceea ce este posibil, deoarece aceasta nu mai depinde de valoarea curentului prin contacte, ci numai de caracteristicile tranzistoarelor utilizate.

În timp ce bobinele de aprindere clasice au un raport de transformare $\frac{w_2}{w_1} = 50...100$, o inductivitate primară $L_1 = 6...10$ mH şi o rezistenţă primară $R_1 = 1{,}5...2\ \Omega$, bobinele pentru sisteme cu bloc

electronic cu tranzistoare cu germaniu au $\frac{w_2}{w_1} = 200...400, L_1 = 1...4\text{mH}$ și $R_1 = 0{,}25 ... 0{,}5\ \Omega$. La execuția bobinelor de aprindere trebuie să se dea o atenție deosebită caracteristicilor izolațiilor, respectării distanțelor pentru evitarea străpungeriilor și calității impregnătii.

9.2.3.3. *Blocul electronic de aprindere*

Ne vom referi în cele ce urmează la sisteme de aprindere care funcționează la tensiunea nominală de 12 V.

Tranzistoarele. Pentru sisteme de aprindere se utilizează de obicei tranzistoare de putere cu germaniu avînd curentul de colector la saturație $I_{Cmax} = (6...15)$A. Punctul de funcționare la saturație trebuie să fie astfel ales ca tranzistorul să nu funcționeze în zona de disipație periculoasă. Pentru aceasta se alege tensiunea $U_{CEs} = 0{,}3...1{,}5$ V, iar factorii de amplificare au valorile $h_{21E} = 15...50$.

În cazul tranzistoarelor cu siliciu avem următoarele valori $I_{Cmax} = 5...10$ A, $U_{CEsat} = 1...2{,}5$ V și $h_{21E} = 4...10$.

Trecerea tranzistoarelor din starea saturat la starea blocat trebuie să se facă suficient de rapid pentru ca acestea să nu rămînă mult timp în zona de disipație periculoasă și ca urmare să poată admite o putere mai mare. Spre exemplu s-a constatat că prin scăderea timpului de comutație de la 5 ms la 25μs se poate crește de trei ori puterea admisă a tranzistorului în zona de trecere. Din acest punct de vedere trebuie să se țină seama și de caracterul sarcinii; după cum se știe sarcina inductivă întîrzie comutația și face ca punctul de funcționare să se deplaseze în domeniul zonei de disipație periculoasă. Uneori pentru micșorarea timpuiui de comutație se aplică metode de blocare activă a tranzistoarelor.

O altă problemă căreia trebuie să i se acorde importanță este comportarea tranzistorului la supratensiunile, care apar în circuit în momentul deschiderii contactelor. Tranzistoarele cu germaniu utilizate pentru sistemele de aprindere admit în general următoarele tensiuni maxime: între emitor și colector $U_{CE0\,max} = 40...80$ V, între emitor și bază $U_{EB0\,max} = 20...40$ V și între colector și bază $U_{CB0\,max} = 60...80$ V. Față de acestea tranzistoarele cu siliciu prezintă tensiuni mult mai ridicate $U_{CE0\,max} = 300...500$ V.

În cazul schemelor cu tranzistoare cu germaniu, după cum s-a arătat, supratensiunile produse de bobina de aprindere în timpul deschiderii contactelor sînt cu mult mai mari decît cele admise de tranzistor, astfel că este necesar să se ia măsuri de protecție.

Pentru eliminarea căldurii dezvoltate, în timpul funcționării este necesar ca tranzistoarele să aibă o rezistență termică cît mai mică (<15°C/W). Trebuie să reamintim că tranzistoarele cu germaniu admit o temperatură maximă a joncțiunii $T_{j\,max\,Ge} = 65...100$°C mai mică decît tranzistoarele cu siliciu $T_{jmax\,Si} = 125...200$° C.

În cazul cînd tranzistoarele trebuie să fie izolate faţă de carcasa blocului, pentru asigurarea unei bune transmisii de căldură este necesar ca izolarea să se facă printr-o foiţă de mică foarte subţire (0,025 mm).

Elementele blocului electronic. Blocul electronic (fig. 9.44) în afară de tranzistoarele de putere T_1, T_2, mai cuprinde rezistenţele de polarizare

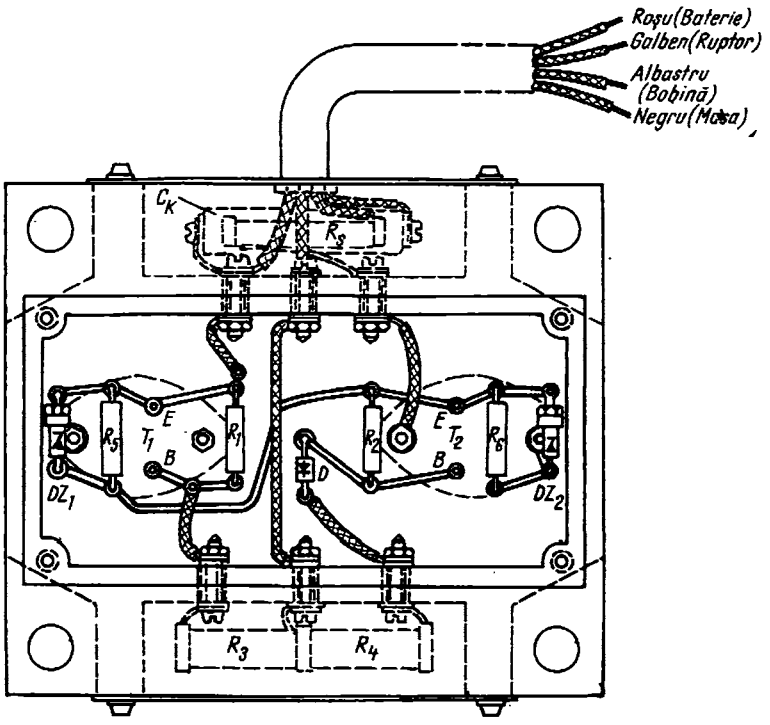


Fig. 9.44

R_1, R_2 şi rezistenţele din circuitul bazelor R_3, R_4, la care se adaugă rezistenţa suplimentară R_s (de balast) şi unele elemente pentru blocarea activă şi pentru protecţia împotriva supratensiunilor.

Rezistenţele de polarizare au valori care depind de schema utilizată şi de caracteristicile tranzistoarelor (valorile sînt cuprinse între 5...30 Ω). Datorită puterilor disipate relativ mici (1...5W) rezistenţele se pot amplasa în blocul electronic în apropierea tranzistoarelor.

Rezistenţele din circuitul bazelor determină valoarea curentului prin contactele ruptorului. Dimensionarea lor depinde în mare măsură de locul de conectare al bobinei şi al rezistenţelor suplimentare. Spre exemplu în

cazul schemelor cu bobina caldă (v. fig. 9.27, *a*) se utilizează rezistența $R_2 = 0...3\ \Omega$ de putere relativ mică, în timp ce pentru schemele cu bobina rece (fig. 9.27, *b*), avînd rezistența suplimentară plasată lîngă bobină, sînt necesare rezistențele $R_2 = 5...25\ \Omega$, a căror putere este mai mare (10 W). În acest ultim caz datorită încălzirii puternice este necesar ca rezistențele bazelor să fie plasate în locuri bine răcite (spre exemplu într-un compartiment separat ca în fig. 9.44).

Pentru a asigura buna răcire a pieselor componente blocul electric se montează de obicei într-o carcasă turnată din aliaj de aluminiu cu aripioare de răcire. În cazul tranzistoarelor cu germaniu se recomandă ca blocul electronic să aibă o suprafață de radiație de ordinul $400...500\ cm^2$.

Rezistențele suplimentare. Pentru a asigura funcționarea tranzistoarelor la regimul de saturație în afara zonei de disipație periculoasă, se conectează una sau mai multe rezistențe suplimentare R_s (balast) în circuitul de alimentare al blocului electronic (fig. 9.44).

Uneori rezistența suplimentară se conectează în serie cu cheia de contact și este scurtcircuitată la pornire parțial sau total.

În cazul utilizării schemelor cu bobina rece se utilizează două rezistențe suplimentare, una în circuitul emitorului și alta în circuitul colectorului sau o singură rezistență suplimentară (numită de saturație) în circuitul colectorului în serie cu bobina de aprindere (fig. 9.27, *b*). Utilizarea rezistenței suplimentare în apropierea bobinei permite montarea ei pe același suport cu bobina.

Pentru sisteme de aprindere la 12 V cu tranzistoare cu germaniu se utilizează rezistențe suplimentare $R_s = 0{,}25...1\ \Omega$ cu puteri de aproximativ 100 W. Uneori rezistențele se supradimensionează la 200...250 W pentru a asigura o stabilitate și o disipație mai bună de căldură. Avînd în vedere puterea mare disipată, rezistențele suplimentare se amplasează de obicei în afara blocului electronic.

9.2.3.4. *Scheme pentru blocarea activă*

În cele ce urmează vom arăta cîteva scheme utilizate la sistemele de aprindere care folosesc blocarea activă a tranzistoarelor.

Schema de blocare cu transformator (fig. 9.45, *a*), cuprinde în circuitul bazei tranzistorului înfășurarea primară, iar înfășurarea secundară în care se induc impulsuri de tensiune la comutarea periodică a curentului de bază, este conectată în paralel cu joncțiunea emitorului tranzistorului.

Schema de blocare cu diodă în circuitul emitorului (fig. 9.45, *b*) realizează blocarea activă a tranzistorului prin utilizarea unui divizor de tensiune neliniar. Dezavantajul schemei constă în faptul că necesită o diodă de putere prin care trece întregul curent de emitor al tranzistorului și ca urmare prezintă pierderi suplimentare.

Există şi posibilitatea blocării cu ajutorul unui divizor de tensiune liniar (fig. 9.45, *c*), care prezintă însă dezavantajul unor pierderi suplimentare în această rezistenţă.

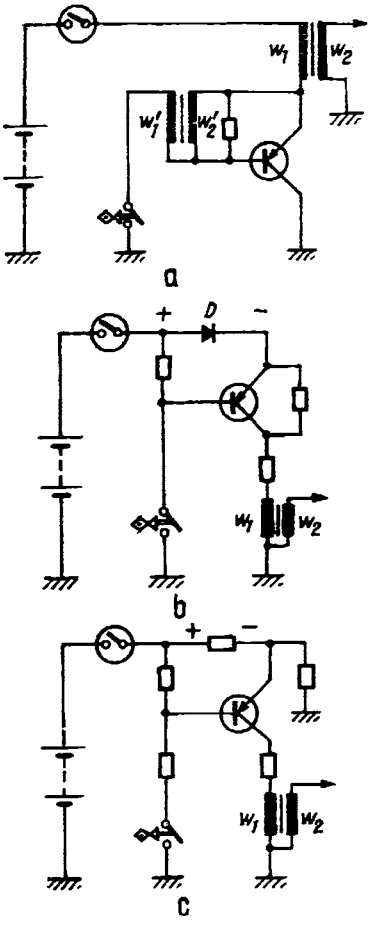


Fig. 9.45

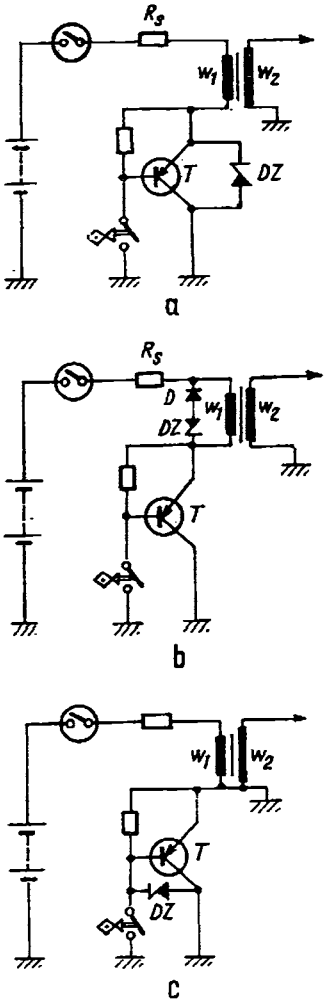


Fig. 9.46

9.2.3.5. *Scheme de protecţie împotriva supratensiunilor*

În timpul deschiderii contactelor apar supratensiuni la bornele înfăşurării primare, care au polaritate opusă tensiunii bateriei şi caută să menţină prin bobină sensul iniţial al curentului.

Suma dintre supratensiunea bobinei şi tensiunea bateriei se aplică tranzistoarelor ajungînd de obicei să depăşească tensiunile lor maxime admise. În aceste cazuri este necesar să se ia măsuri de protecţie prin utilizarea unor diode stabilizatoare sau a unor condensatoare.

Scheme cu diode stabilizatoare (Zener). În fig. 9.46, *a*, se arată o schemă care cuprinde dioda stabilizatoare în paralel între emitorul şi colectorul tranzistorului. Dioda protejează tranzistorul în cazul cînd tensiunea aplicată între emitor şi colector este mai mare decît tensiunea de străpungere admisă de tranzistor.

În fig. 9.46, *b* dioda stabilizatoare este conectată în paralel cu înfăşurarea primară a bobinei de aprindere. În acest caz este necesară conectarea în serie a unei diode redresoare, care să împiedice trecerea curentului prin dioda stabilizatoare cînd contactele ruptorului sînt închise. O astfel de schemă necesită pentru acelaşi tranzistor, tensiuni de stabilizare ale diodei stabilizatoare mai mici decît în cazul precedent.

În schema din fig. 9.46, *c* dioda stabilizatoare este conectată în paralel cu joncţiunea colectorului. La apariţia unei tensiuni ridicate după deschiderea contactelor ruptorului, dioda stabilizatoare străpunge făcînd să treacă curent prin rezistenţa de polarizare şi ca urmare tranzistorul intră în conducţie. În acest timp tensiunea între emitorul şi colectorul tranzistorului este limitată. În această schemă se poate folosi o diodă stabilizatoare de mică putere căci ea are numai rolul de comandă, în schimb tranzistorul este mai mult solicitat.

Alegerea parametrilor diodelor stabilizatoare pentru schemele arătate se face ţinînd seama de caracteristicile tranzistoarelor şi bobinelor de aprindere utilizate. De obicei se folosesc diode stabilizatoare cu siliciu cu tensiunea de stabilizare de 30...80 V şi curentul de stabilizare aproximativ 5 mA. Coeficientul de temperatură al tensiunii de stabilizare formula (4.48) pentru aceste diode este aproximativ 10.10^{-4}/°C, iar rezistenţa dinamică în regimul de stabilizare 5...50 Ω.

Puterea disipată admisă, ţinînd seama că diodele funcţionează în regim de impulsuri de scurtă durată, variază între 1...10 W în funcţie de locul de utilizare.

Scheme cu condensatoare. Schema sistemului de aprindere din fig. 9.47, *a*, cuprinde un condesator conectat în paralel cu bobina de aprindere şi un condensator conectat în paralel cu blocul electronic. Conectarea condensatoarelor în paralel cu bobina de aprindere ($C_b = 1...2$ μF) uşurează condiţiile de comutaţie ale tranzistoarelor. Protecţia împotriva unor supratensiuni întîmplătoare în circuitul de alimentare se asigură cu ajutorul condensatorului conectat în paralel cu blocul electronic şi implicit cu contactele ruptorului ($C_k = 20...50$ μF).

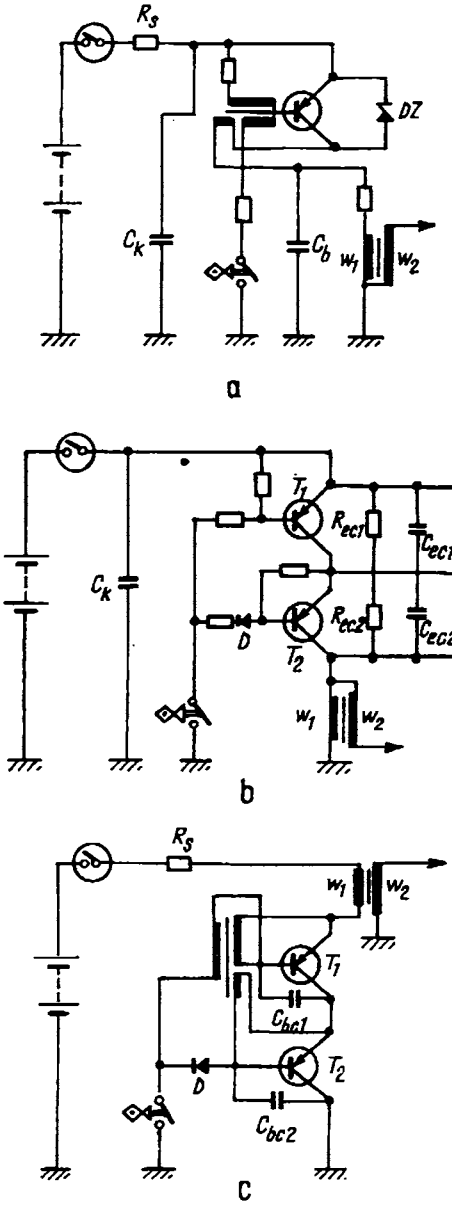


Fig. 9.47

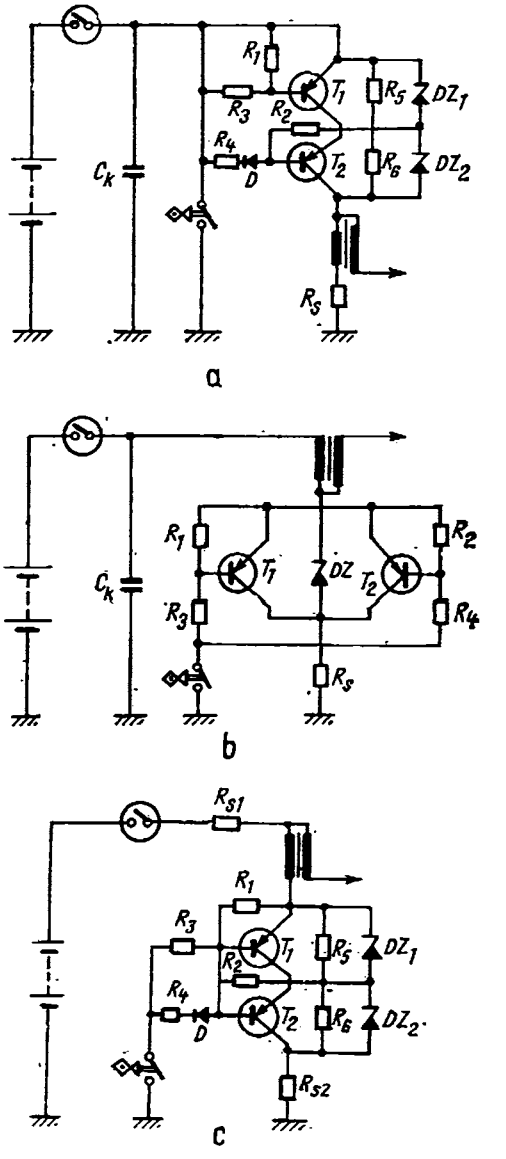


Fig. 9.48

Pentru protecția tranzistoarelor împotriva supratensiunilor se utilizează uneori condesatoare conectate între emitor și colector în paralel cu diodele stabilizatoare. O astfel de schemă arătată în fig. 9.47, *b* cuprinde două condesatoare ($C_{ec} = 0{,}1$ μF) avînd în paralel două rezistențe de egalizare ($R_{ec} = 220$ Ω).

Se utilizează și scheme cu protecția joncțiunii colectorului cu ajutorul unui condesator C_{bc} respectiv a unor diode D conectate în circuitul bazei (fig. 9.47, *c*).

9.2.3.6. *Exemple de sisteme de aprindere electronice cu contacte*

Dintre sistemele de aprindere electronice cu contacte cu un singur tranzistor p-n-p realizate în străinătate arătăm sistemele cu bobină caldă: Transigniter 250 Prestolite (SUA) și ATE2 (URSS), iar cu bobina rece Transigniter 250 Prestolite (SUA), C3TF-12A 27 A-FOMOCO (SUA), Delco Remy (SUA) și Hansin 62 (Japonia).

Performanțele bune s-au obținut cu ajutorul sistemelor cu două tranzistoare p-n-p de tipul BOSCH-HA 6/12 V (RFG) cu bobină rece și TS 30 Sleep Electronics (SUA) cu bobina caldă.

Între sistemele de aprindere cu tranzistoare cu siliciu amintim cele experimentate de firmele Ducellier-Franța și LUCAS-Anglia.

În țara noastră studierea sistemelor de aprindere electronice cu contacte a început în 1966 la Uzina Electroprecizie, pe baza încercărilor diferitelor modele străine avînd tranzistoare cu siliciu și cu germaniu. În anul următor s-au executat primele prototipuri de sisteme de aprindere cu tranzistoare românești cu germaniu, dintre care arătăm mai jos trei tipuri:

Primul sistem (fig. 9.48, *a*) cuprinde două tranzistoare montate în serie într-o schemă cu bobina rece. Protecția tranzistoarelor este asigurată folosind o bobină de aprindere cu raport de transformare mărită, montînd diode Zener în paralel cu tranzistoarele și o diodă de protecție în circuitul bazei ultimului tranzistor.

Al doilea sistem (fig. 9.48, *b*) are cele două tranzistoare legate în paralel într-o schemă cu bobina caldă. Față de prima schemă se remarcă o economie de piese electronice întrucît se folosește o singură diodă Zener și nu se mai prevede dioda de protecție.

Cel de al treilea sistem experimentat (fig. 9.48, *c*) cuprinde două tranzistoare în serie în schema cu bobina caldă.

Toate cele trei sisteme amintite au fost încercate pe autocamioane cu ruptor-distribuitoare tip 2D8A la care s-a eliminat condesatorul, iar presiunea pe contacte s-a micșorat de la 750 gf la 500 gf pentru a micșora uzura ciocănelului.

Din rezultatele încercărilor efectuate (v. tabelul 9.5) rezultă că cele mai bune rezultate se obțin cu sistemul cu bobină caldă avînd cele două tranzistoare conectate în serie. Un astfel de sistem a parcus pînă în prezent peste 75 000 km fără defecțiuni și fără să necesite curățirea contactelor.

În tabelul 9.5 sînt arătate pentru comparație și performanțele unor sisteme de aprindere electronice de fabricație străină, iar în tabelul 9.6 unele date constructive.

Tabelul 9.5

Caracteristicile aparatelor de aprindere electronice cu contacte (valori măsurate pe model)

Caracteristicile	Tipul produsului				
	Model 1 UEPS	Model 2 UEPS	Model 3 UEPS	Bosch Tranzistor (RFG)	Prestolite 201 (SUA)
Tensiunea nominală, V	12	12	12	12	12
Funcționarea în gol $R_s = \infty$					
Tensiunea secundară maximă, kV	27,6	26,6	38	37	42
Funcționarea în sarcină					
Valoarea rezistenței de șuntare, MΩ	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Tensiunea secundară de vîrf, kV	16,8	17,7	24	23	31
Turația de încercare, rot/min (pe ruptor-distribuitor cu 8 scîntei)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Curentul mediu secundar, mA	4,9	7,5	7,6	4,8	8
Distanța între electrozi la descărcător, mm	6	6	6	6	6
Turația de încercare (pe ruptor-distribuitor cu 8 scîntei), rot/min	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Curentul mediu prin înfășurarea primară, A	4,0	5,7	5,8	7	9,2
Curentul mediu prin contacte, A	0,8	0,6	1	1,75	1,2
Turația de încercare (pe ruptor-distribuitor cu 8 scîntei), rot/min	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Greutatea blocului electronic, kgf	0,95+0,25	0,75+0,5		0,45+0,65	0,93
Greutatea bobinei, kgf	1,0	1,0	1,0	1,07	0,99

În concluzie trebuie arătat că sistemele de aprindere electronice cu contacte prezintă următoarele avantaje: mărirea duratei de funcționare a contactelor, creșterea tensiunii și energiei secundare a sistemului, îmbunătățirea funcționării bujiilor, reducerea în anumită măsură a consumului de combustibil. Trebuie să amintim că aceste sisteme au și unele dezavantaje și anume: prețul de cost mai ridicat, curentul absorbit mai mare și posibilitatea mărită de defectare datorită eventualelor greșeli de utilizare.

Tabelul 9.6

Datele constructive principale ale sistemelor de aprindere electronice cu contacte (valori măsurate pe modele)

Datele constructive	Tipul sistemului				
	Model 1 UEPS	Model 2 UEPS	Model 3 UEPS	Bosch (SUA)	Prestolite (SUA)
Caracteristicile bobinei de aprindere					
Raportul de transformare $\frac{w_2}{w_1}$	300	300	300	300	330
Inductivitatea înfășurării primare, mH	3	2,3	1,62	1,63	1,4
Rezistența înfășurării primare, Ω	0,52	0,37	0,35	0,45	0,25
Rezistența înfășurării secundare, Ω	20 000	20400	20 000	14 000	17 800
Greutatea bobinei, kgf	1,0	1,0	1,0	1,07	0,99
Caracteristicile blocului electronic					
Schema utilizată (poziția bobinei)	rece	caldă	caldă	caldă	
Numărul de tranzistoare	2 pnp	2 pnp (paralel)	2 pnp	2 pnp	1 pnp
Tipul tranzistorului de putere (T_1)	EFT 239	EFT 240	EFT 240	AUY 22	2 N 2528
Curentul de colector I_{Csat}, A	8,9	14,2	12	8	22
Tensiunea colector-emitor U_{CE_0}, V	40	60	60	60	150
Factorul de amplificare h_{21E}	20	20	20	—	—
Numărul de diode de stabilizare	2	1	2	2	1
Tipul diodei de stabilizare	ZL 33	ZX 47	ZX 47	ZL 33	1 N 3005 A
Tensiunea de stabilizare, V	33	47	47	33	100
Numărul diodelor de protecție	1	—	1	1	1
Tipul diodelor	EFR 135	—	Si 1 A	—	—
Greutatea blocului electronic, kgf	0,95+0,25	0,75+0,5		0,45+0,65	0,93
Schema blocului electronic	fig. 9.48, *a*	fig. 9. 48, *b*	fig. 9. 48, *c*		

10. MAGNETOURI

10.1. DESCRIEREA ŞI CLASIFICAREA MAGNETOURILOR. PRINCIPIUL DE FUNCŢIONARE

Sistemul de apridere cu magnetou, datorită robusteţei şi caracterstici-lor sale electrice, îşi găseşte utilizarea atît la motoarele care trebuie să funcţioneze sigur un timp îndelungat la turaţii mari şi în plină sarcină (de ex. la unele automobile de curse), cît şi la motoarele care trebuie să aibă o por-

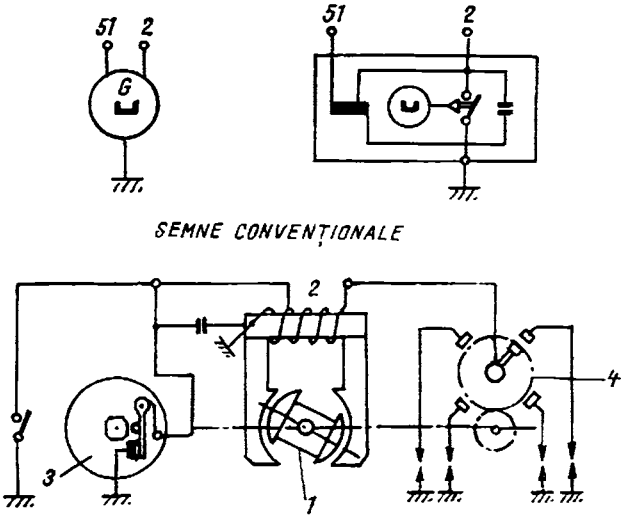


Fig. 10.1

nire bună, la care starea de încărcare a bateriei nu poate fi asigurată (de ex. la unele tractoare).

Magnetoul este un microgenerator de impulsuri de înaltă tensiune care se compune (fig. 10.1) dintr-un generator sincron monofazat avînd inductorul cu magnet permanent *1* şi indusul cu o bobină de apridere *2*. Rotorul generatorului este în legătură cu cama unui întreruptor *3* şi cu rotorul unui distribuitor *4*.

Principiul de funcţionare al magnetoului este următorul : arborele rotorului cu magnetul permanent, cama întreruptorului şi rotorul distribuitorului sînt antrenate de la motor prin intermediul unui cuplaj. Fluxul magnetic produs de magnetul permanent în miezul bobinei variază datorită rotirii magnetului şi induce o tensiune electromotoare în înfăşurările acesteia. Cît timp contactele întreruptorului sînt închise prin înfăşurarea primară trece un curent de scurtcircuit care produce un flux de reacţie al indusului. După ce curentul primar a crescut suficent pentru o anumită poziţie a rotorului faţă de stator caracterizată prin aşa-numitul unghi de rupere (abris), contactele întreruptorului se deschid şi curentul se întrerupe. Fluxul produs de magnetul permanent şi de reacţia indusului variază brusc şi se induc tensiuni mari în înfăşurările bobinei. În momentul deschiderii contactelor întreruptorului, rotorul distribuitorului se află în dreptul unui plot al capacului şi tensiunea secundară înaltă se transmite la bujie. Condensatorul aflat în paralel cu contactele întreruptorului are rolul de a înmagazina energia dezvoltată de arcul electric produs la deschiderea contactelor, ceea ce contribuie la mărirea tensiunii secundare şi la micşorarea uzurii contactelor. Pentru oprirea aprinderii unele magnetouri sînt prevăzute cu butoane de scurtcircuitare prin apăsarea cărora se scurtcircuitează contactele.

Magnetourile se pot clasifica după modul de producere a variaţiei fluxului magnetic în : *magnetouri cu magnet permanent* în rotor, *magnetouri cu indus rotitor şi magnetouri cu comutatoare magnetice*. În legătură cu numărul de cilindri pentru care trebuie să funcţioneze, megnetourile diferă după numărul de scîntei pe care le produc la o rotaţie. După poziţia rotorului magnetourile pot fi cu axul rotorului orizontal sau vertical. Magnetourile pot fi prevăzute cu acceleratoare de pornire şi cu regulatoare automate de avans.

10.1.1. MAGNETOURI CU DIFERITE MODURI DE PRODUCEREA VARIAŢIEI FLUXULUI MAGNETIC

Magnetoul cu indus rotitor este tipul cel mai vechi utilizat (fig. 10.2, *a*). El are magnetul în formă de potcoavă în stator şi bobina de aprindere în rotor. Principalul dezavantaj al acestui tip de magnetou constă în faptul că necesită o izolaţie electrică dificil de realizat pentru înfăşurarea de înaltă tensiune şi pentru unul din inelele colectoare din rotor. Deoarece înfăşurarea rotorică trebuie să aibă un gabarit mic ea se izolează şi se repară greu. În timpul unei rotaţii a rotorului se pot obţine numai două scîntei, ceea ce împiedică utilizarea acestui tip de magnetou la motoarele cu mulţi cilindri.

Magnetoul cu magnet în rotor a cărui descriere a fost arătată mai sus (fig. 10.1 şi 10.2, *b*) este tipul cel mai răspîndit în prezent. Înfăşurările şi întreruptorul fiind fixe sînt mai robuste şi se comportă mai bine din punct de vedere al izolaţiei electrice, nemai fiind solicitate mecanic sub acţiunea forţelor centrifuge şi oscilaţiilor. Acest tip de magnetou poate funcţiona la turaţii ridicate, pentru motoare cu număr mare de cilindri. El

a început să fie răspîndit o dată cu realizarea magneților din aliaje de fier — — aluminiu-nichel, avînd gabarit redus și performanțe ridicate.

Magnetoul cu comutator magnetic are inductorul cu magneții permanenți și indusul cu înfășurările fixe. Între polii magneților permanenți și piesele polare ale indusului se rotește comutatorul magnetic executat din

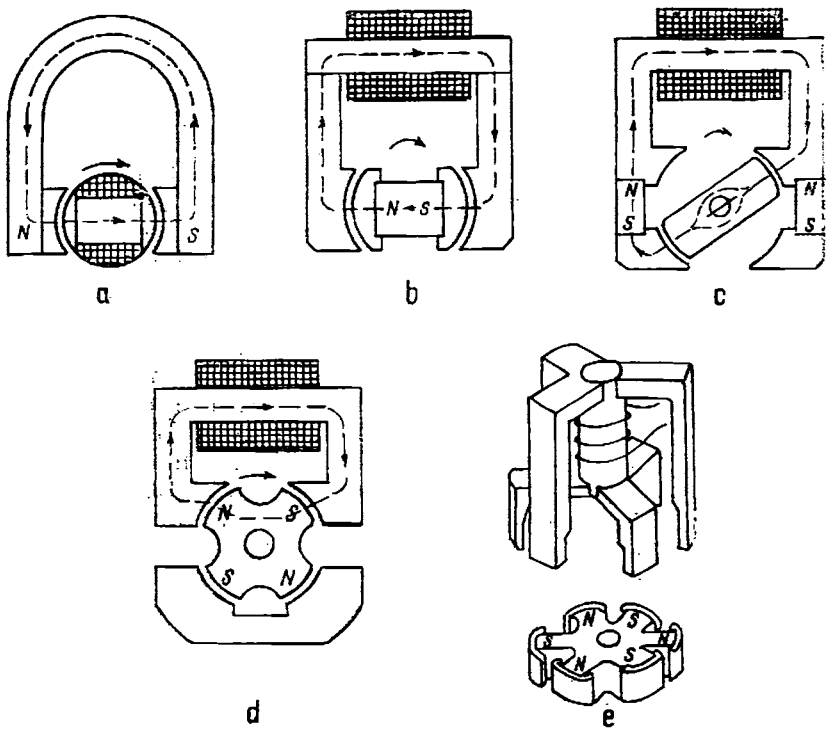


Fig. 10.2

piese din material magnetic moale prinse cu material nemagnetic (de ex. aluminiu). Fluxul magnetic produs de magneții permanenți este dirijat de către piesele comutatorului magnetic spre piesele polare ale indusului, în așa fel încît fluxul prin miezul înfășurărilor este dirijat alternativ în sens direct și în sens invers. Pentru construcția arătată în fig. 10.2, *c* la o rotație a comutatorului magnetic sensul fluxului magnetic în miez se schimbă de patru ori.

Magnetourile cu comutatoare magnetice prezintă avantajul că au principalele piese fixe și folosind comutatoare cu număr mare de dinți se pot utiliza pentru motoare cu turații mari și număr mare de cilindri.

10.1.2. MAGNETOURI CU DIFERITE NUMERE DE SCÎNTEI LA O ROTAŢIE

După cum s-a arătat, la alegerea raportului de transmisie al aparatelor de aprindere, în cazul motoarelor cu 1...4 cilindri, sînt necesare magnetouri cu una sau două scîntei la o rotaţie, în timp ce pentru motoare cu număr mai mare de cilindri, sînt necesare magnetouri care produc patru sau mai multe scîntei la o rotaţie.

În cazul magnetourilor cu magnet rotitor numărul de scîntei care se pot obţine la o rotaţie este egal cu numărul de poli ai magnetului permanent. Spre exemplu magnetoul din fig. 10.2, *b* poate produce două scîntei la o rotaţie, în timp ce magnetoul din fig. 10.2, *d* poate produce patru scîntei la o rotaţie.

Dacă este necesar să se producă mai mult de patru scîntei la o rotaţie se folosesc de obicei magnetouri cu comutator magnetic.

10.1.3. MAGNETOURI VERTICALE

În afară de magnetourile care au poziţia rotorului orizontală, se construiesc magnetouri la care axul rotorului este vertical (fig. 10.2, *e*). Magnetourile verticale pot avea bobina de aprindere coaxială faţă de arborele magnetoului sau plasată în afara corpului propriu-zis al magnetoului.

Avantajul principal al magnetourilor verticale este că pot fi montate uşor în locul ruptor-distribuitoarelor înlocuind astfel sistemele de aprindere de la baterie. Ele prezintă mare siguranţă în funcţionare pentru motoare cu turaţii ridicate şi număr mare de cilindri. În schimb au dezavantajul ca şi celelalte magnetouri că nu permit un reglaj al unghiului de aprindere funcţie de turaţie într-un domeniu la fel de larg ca aparatele de aprindere de la baterie.

10.1.4. MAGNETOURI CU REGLARE AUTOMATĂ A AVANSULUI

Din punct de vedere al posibilităţilor de reglare a unghiului de avans deosebim: magneturi cu reglare automată a avansului, fără schimbarea unghiului de rupere şi cu schimbarea unghiului de rupere.

Reglarea automată a avansului fără schimbarea unghiului de rupere se face schimbînd poziţia rotorului magnetoului faţă de piesa de antrenare prin intermediul unor cuplaje regulatoare de avans (fig. 10.3).

În principiu cuplajul regulator de avans cuprinde: placa cuplajului *1* pe care sînt fixate bucşa cu gaură conică *2* şi ştifturile plăcii *3*, carcasa cuplajului *4*, pe care sînt fixate grifele de antrenare *5*, ştifturile carcasei *6* şi contragreutăţile *7*, numite şi bacuri, cu niturile de asamblare şi lamelă arcuitoare.

Funcţionarea cuplajului regulator de avans se bazează pe acţiunea forţelor centrifuge asupra contragreutăţilor. O dată cu creşterea turaţiei

bacurile se desfac, distanța între ştifturile plăcii şi ale carcasei se micşorează şi placa cuplajului se roteşte față de carcasa cuplajului. Caracteristica unghi de avans funcție de turație depinde de caracteristicile lamelor arcuitoare folosite.

Reglarea avansului cu schimbarea unghiului de rupere se poate realiza fie prin rotirea plăcii întreruptorului, fie prin rotirea camei printr-un sistem asemănător cu cel folosit la regulatoarele de avans centrifugal pentru

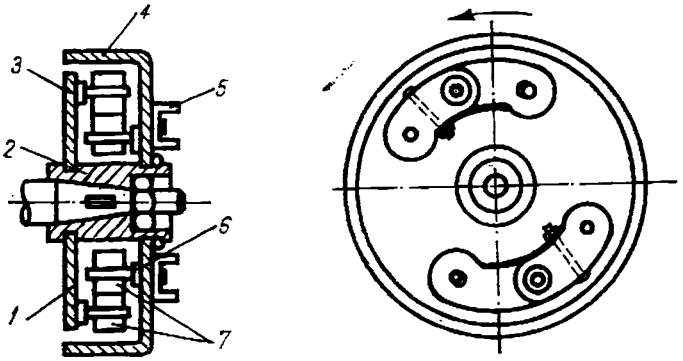


Fig. 10.3

ruptor-distribuitoare. Trebuie să menționăm că reglarea avansului cu schimbarea unghiului de rupere se poate utiliza numai la magnetourile cu magneți puternici, care permit acest lucru, pentru a nu scădea prea mult curentul de rupere (v. § 10.2.3).

10.1.5. MAGNETOURI CU ACCELERATOARE DE PORNIRE

Pentru a putea asigura producerea scînteilor la turații scăzute ale motoarelor, se folosesc magnetouri prevăzute cu cuplaje acceleratoare de pornire. La aceste magnetouri se pot obține scîntei chiar la rotirea cu mîna a cuplajului accelerator de pornire.

În fig. 10.4 este prezentată construcția unui accelerator de pornire pentru un magnetou cu patru scîntei. Principalele părți componente sînt: placa cuplajului *1* pe care sînt fixate bucșa cu gaură conică, ştifturile pentru voleți şi grifa de antrenare a arcului spiral, carcasa cuplajului *2* cu umărul pentru acționarea voleților U_1 avînd fixate pe ea grifele de antrenarea cuplajului şi placa carcasei magnetoului *3* cu umărul U_2 pentru blocarea voleților. Între placa şi carcasa cuplajului se află fixat arcul spiral *4*, iar între placa cuplajului şi placa carcasei magnetoului se află voleții *5*, care se pot roti pe ştifturile de pe placa cuplajului.

Funcţionarea acceleratoruiui de pornire este următoarea : în repaus sau la turaţie mică, voletul care se află în partea superioară se reazemă de umărul U_2 şi blochează placa cuplajului şi rotorul. Rotind carcasa cuplajului arcul se comprimă, iar la un moment dat umărul U_1 va lovi capătul voletului şi îl va împinge în sus. Palca cuplajului se deblochează şi arcul

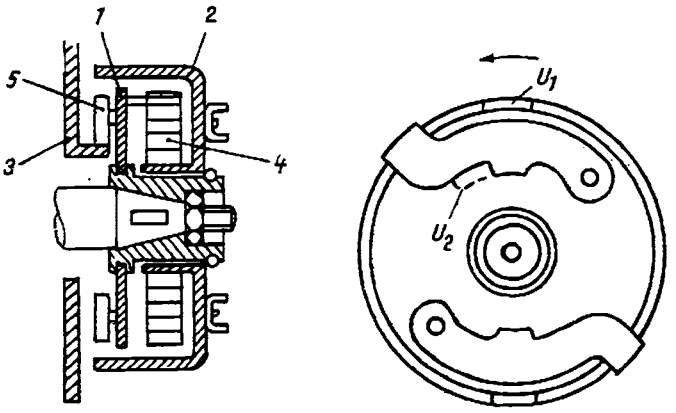


Fig. 10.4

va produce o acceleraţie mare a rotorului. La turaţii mari datorită forţelor centrifuge voleţii sînt împinşi către exterior astfel că placa cuplajului nu se mai poate bloca.

În timpul pornirii, odată cu mărirea turaţiei aceleratorul produce şi o întîrziere la aprindere.

10.1.6. MAGNETOURI VOLANTE

Magnetoul volant face parte dintre maşinile combinate, care deservesc atît sistemul de aprindere cît şi sistemele de alimentare fiind de fapt o combinaţie între un magnetou şi un generator (fig. 10.5).

Denumirea produsului provine din faptul că rotorul *1*, care înglobează magneţii permanenţi, fiind aşezat la exterior are un moment de inerţie mare şi este utilizat drept volant al motorului. Pe volant este fixată cama magnetoului. Statorul cuprinde de obicei trei porţiuni de circuit magnetic pe care se află înfăşurările indusului. Unul din acestea serveşte pentru aprindere cuprinzînd bobina de aprindere *2*, iar celelalte două servesc pentru iluminat *3* producînd tensiunea joasă. Pe placa statorului este montat întreruptorul *4* avînd în paralel cu contactele un condensator.

La rotirea volantului, sensurile fluxurilor prin porțiunile din circuitul magnetic al statorului se modifică astfel, încît se induc tensiuni electromotoare în înfășurări.

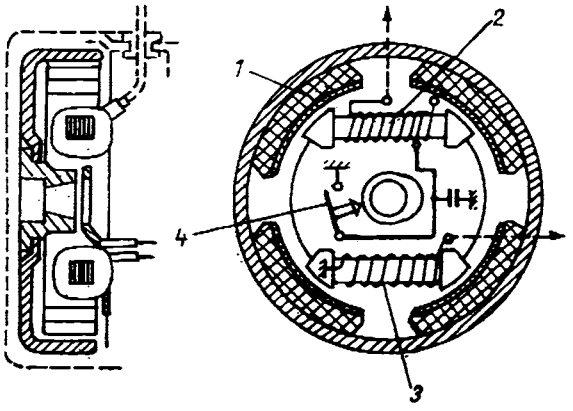


Fig. 10.5

10.2. CARACTERISTICILE DE FUNCȚIONARE ALE SISTEMELOR DE APRINDERE CU MAGNETOU

Întregul proces de funcționare al magnetoului poate fi divizat în trei etape: a) închiderea contactelor și creșterea curentului primar corespunzător regimului de scurtcircuit forțat, b) deschiderea contactelor și creșterea tensiunii secundare, c) procesul de descărcare prin scînteie la bujii.

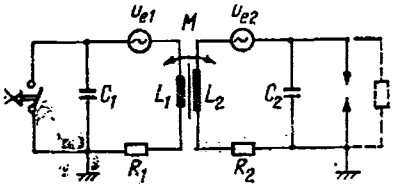


Fig. 10.6

Schema echivalentă a sistemului de aprindere de la magnetou este arătată în fig. 10.6 în care s-au folosit notațiile u_{e1}, u_{e2} — tensiunile electromotoare ale magnetoului; R_5 — rezistența electrică a circuitului primar; C_1 — capacitatea condensatorului din circuitul primar; L_1 — inductivitatea înfășurării primare; L_2 — inductivitatea înfășurării secundare; M — inductivitatea mutuală între înfășurări; R_2 — rezistența electrică a circuitului secundar.

Rezistența circuitului primar are expresia

$$R_1 = R_{w1} + R_c + R_k,$$

unde: R_{w1} este rezistența înfășurării primare la cald; R_c — rezistența conductoarelor de legătură și R_k — rezistența contactelor.

Înainte de a trece la studierea etapelor de funcționare, este necesar să analizăm regimurile de mers în gol și de mers în scurtcircuit ale magnetourilor, care de fapt reprezintă regimuri de lucru artificiale. Studiul acestor regimuri este asemănător cu al altor generatoare cu magnet permanent (dinamuri de bicicletă, alternatoare cu magnet permanent etc.).

10.2.1. REGIMUL DE MERS ÎN GOL

Problema care se pune este determinarea fluxului magnetic util numit și flux de mers în gol Φ_0, produs de magnetul permanent în miezul

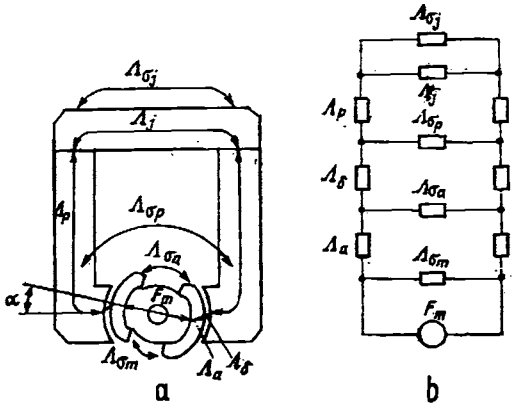


Fig. 10.7

bobinei, cunoscînd caracteristicile circuitului magnetic și observînd că în timpul rotirii magnetului permeanțele magnetice sînt variabile.

În fig. 10.7, *a*, este arătat circuitul magnetic simplificat al magnetoului, iar în fig. 10.7, *b* schema echivalentă a permeanțelor magnetice. Tensiunea magnetică F_m corespunde fluxului magnetic Φ_0 al magnetului permanent.

În cadrul circuitului magnetic intervin următoarele permeanțe magnetice: $\Lambda_{\sigma m}$ — permeanța de dispersie a magnetului; $\Lambda_{\sigma a}$ — permeanțe de dispersie a armăturii magnetului; Λ_a — permeanța armăturii magnetului; Λ_δ — permeanța întrefierului; $\Lambda_{\sigma p}$ — permeanța de dispersie a polilor statorului; Λ_p — permeanța polilor statorului; Λ_j — permeanța jugului (miezului bobinei); $\Lambda_{\sigma j}$ — permeanța de dispersie a jugului.

Datorită prezenței permeanțelor de dispersie, o parte din fluxul magnetic produs de magnetul permanent în loc să treacă prin miezul bobinei va trece prin aer. Mărimea fluxului de dispersie Φ_σ se caracterizează prin factorul de dispersie σ

$$\sigma = \frac{\Phi_m}{\Phi_0} = \frac{\Phi_0 + \Phi_\sigma}{\Phi_0}. \tag{10.1}$$

Factorul de dispersie se poate calcula dacă se cunoaşte permeanţa magnetică rezultantă a întregului circuit exterior magnetului Λ_{rez} şi permeanţa magnetică corespunzătoare fluxului util Λ_u

$$\Lambda_{rez} = \frac{\Phi_m}{F_m} \tag{10.2}$$

şi

$$\Lambda_u = \frac{\Phi_0}{F_m}. \tag{10.3}$$

Valoarea factorului de dispersie va fi

$$\sigma = \frac{\Lambda_{rez}}{\Lambda_u}. \tag{10.4}$$

Fiecărei poziţii a rotorului îi corespund valori bine determinate ale: permeanţelor magnetice, fluxului magnetic în miez, factorului de dispersie şi fluxului magnetic în secţiunea neutră a magnetului. Valorile fluxului

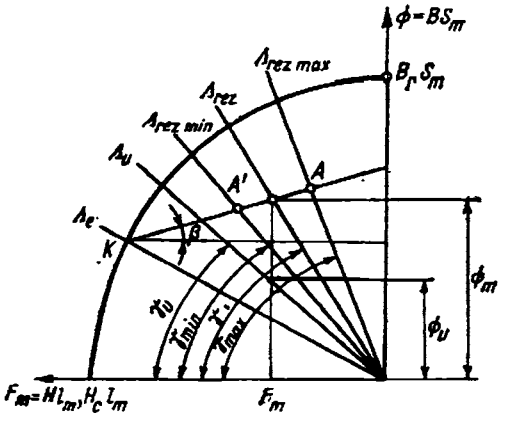


Fig. 10.8

util şi a celorlalţi parametrii ai circuitului magnetic pentru diferite poziţii ale rotorului magnetului pot fi obţinute din diagrama de lucru a magnetului reprezentată în fig. 10.8.

Diagrama de lucru se obţine din curba de demagnetizare a magnetului permanent prin înmulţirea valorilor inducţiilor cu secţiunea transversală a magnetului S_m, respectiv prin înmulţirea valorilor intensităţilor cîmpu-

rilor magnetice cu lungimea magnetului l_m. Diagrama prezintă în același timp dependența între fluxurile magnetice și tensiunile magnetice de-a lungul circuitului magnetic al magnetoului.

După cum se știe, dacă permeanța circuitului magnetic exterior variază, punctul de funcționare al magnetoului nu se deplasează pe caracteristica de demagnetizare, ci descrie niște bucle de histerezis locale a căror axă reprezintă dreapta permeabilității reversibile sau prescurtat dreapta reversibilă (KA fig. 10.8). Unghiul de înclinație β al dreptei reversibile KA este determinat de permeabilitatea reversibilă μ_r a magnetului, care este o constantă de material

$$\operatorname{tg} \beta = \mu_r \frac{S_m}{l_m}; \tag{10.5}$$

Începutul dreptei reversibile pe curba de demagnetizare (punctul K fig. 10.8) este determinat de permeanța minimă a circuitului magnetic exterior magnetului, după magnetizarea acestuia. Această permeanță minimă poate corespunde permeanței circuitului magnetului pentru poziția $\alpha = 90°$, dacă magnetizarea s-a făcut cu magnetul introdus în magnetou, sau poate corespunde permeanței circuitului exterior liber, dacă magnetizarea magnetului s-a făcut în afara circuitului magnetoului. Este preferabil ca magnetizarea să se facă după ce magnetul a fost montat în magnetou. Începutul dreptei reversibile poate fi determinat și de fluxul de reacție al indusului, în cazul cînd demagnetizarea produsă de acesta reprezintă o valoare mai mare decît cele precedente.

Poziția punctului de funcționare pe diagrama de lucru se determină intersectînd dreapta reversibilă cu dreapta care trece prin origine și are unghiul de înclinație γ astfel că

$$\operatorname{tg} \gamma = \Lambda_{rez} = \frac{B}{H} \cdot \frac{S_m}{l_m}. \tag{10.6}$$

Punctul A corespunde permeanței rezultante maxime a circuitului magnetic exterior magnetoului ($\Lambda_{rez\ max}$) adică poziției rotorului pentru $\alpha = 0$, iar punctul A' corespunde permeanței rezultante minime a circuitului magnetic exterior magnetului ($\Lambda_{rez\ min}$) adică poziției rotorului pentru $\alpha = 90°$.

Fiecărui punct de lucru în porțiunea AA' îi corespunde o valoare a fluxului în secțiunea neutră a magnetului Φ_m, o valoare a tensiunii magnetomotoare dezvoltată de magnet F_m și o valoare a permeanței utile Λ_u. În diagrama de lucru, dreapta permeanței utile Λ_u corespunde unghiului γ_u astfel că

$$\operatorname{tg} \gamma_u = \Lambda_u \tag{10.7}$$

şi împarte segmentul fluxului magnetului Φ_m în două părţi : o parte determină fluxul util Φ_0 corespunzător mersului în gol, iar cealaltă parte determină fluxul de dispersie (fig. 10.8).

În felul acesta cu ajutorul diagramei de lucru se poate determina variaţia tuturor parametrilor circuitului magnetic în funcţie de unghiul

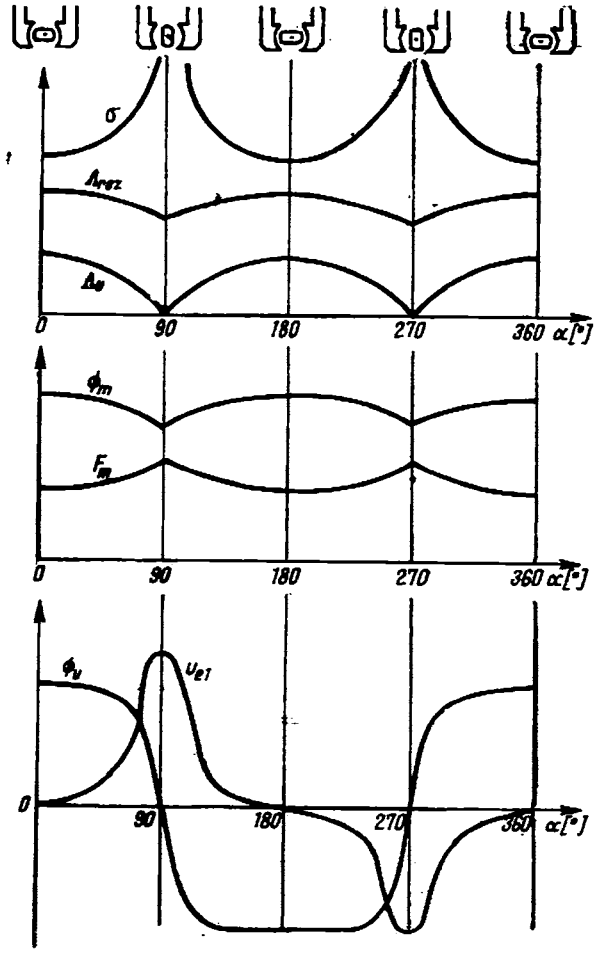


Fig. 10.9

de învîrtire al rotorului. În fig. 10.9 se pot vedea curbele de variaţie ale : tensiunii magnetomotoare a magnetului F_m, fluxului în secţiunea neutră a magnetului Φ_m, permeanţei utile Λ_u, permeanţei rezultante Λ_{rez}, factorului de dispersie σ şi fluxului util la mersul în gol Φ_0 în funcţie de unghiul de rotire al rotorului magnetoului cu doi poli.

În poziția rotorului corespunzătoare pentru $\alpha = 0$ fluxul în secțiunea neutră a magnetului Φ_m are valoarea maximă, iar tensiunea magnetomotoare F_m are valoarea minimă. Permeanța rezultantă Λ_{rez} și permeanța utilă Λ_u au valori maxime, iar factorul de dispersie σ are valoare minimă. Rezultă un flux util maxim Φ_{0M}.

În poziția rotorului corespunzătoare pentru $\alpha = 90°$ fluxul în secțiunea neutră a magnetului Φ_m are valoare minimă, în timp ce tensiunea magnetomotoare F_m are valoare maximă. Permeanța rezultantă Λ_{rez} are o valoare minimă, în timp ce permența utilă Λ_u se anulează. Factorul de dispersie σ devine infinit, iar fluxul util Φ_0 se anulează.

Forma curbei fluxului util Φ_0 depinde de construcția circuitului magnetic. Cea mai mare parte a semiundei fluxului util are valoare constantă apropiată de cea maximă. În felul acesta se produce o variație rapidă a fluxului la trecerea lui prin zero, caracterizată prin coeficientul de pantă al fluxului b

$$b = \left(\frac{d\Phi_0}{d\alpha}\right)_{max} \cdot \frac{1}{\Phi_{0M}}. \tag{10.8}$$

Pentru cea mai mare parte din magnetouri $b = 2{,}5 \ldots 10$.

Ca rezultat al variației fluxului magnetic în miez prin învîrtirea rotorului se induc tensiuni electromotoare de rotație u_{e1} și u_{e2} în înfășurările bobinei

$$u_{e1} = -w_1 \frac{d\Phi_0}{dt} = -w_1 \omega \frac{d\Phi_0}{d\alpha}; \tag{10.9}$$

$$u_{e2} = -w_2 \frac{d\Phi_0}{dt} = -w_1 \omega \frac{d\Phi_0}{d\alpha}, \tag{10.10}$$

unde w_1 și w_2 reprezintă numerele de spire ale înfășurărilor primare și secundare, iar ω viteza unghiulară a rotorului care are expresia

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt} = 2\pi f = 2\pi \frac{pn}{60}. \tag{10.11}$$

Ca urmare a formei trapezoidale a curbei fluxului magnetic, curbele tensiunii electromotoare au formă ascuțită (fig. 10.9) avînd maximele U_{e1M} și U_{e2M} proporționale cu coeficientul de pantă al curbei fluxului magnetic și cu viteza de rotație:

$$U_{e1M} = -w_1 \omega \left(\frac{d\Phi_0}{d\alpha}\right)_{max} = -w_1 \omega b \Phi_{0M}; \tag{10.12}$$

$$U_{e2M} = -w_2 \omega \left(\frac{d\Phi_0}{d\alpha}\right)_{max} = -w_2 \omega b \Phi_{0M}. \tag{10.13}$$

La viteze mari de rotire, valoarea maximă a tensiuni electromotoare de rotaţie primare este de ordinul sutelor de volţi, iar a celei secundare de ordinul kilovolţilor.

10.2.2. REGIMUL DE SCURTCIRCUIT PERMANENT

Considerăm regimul de scurtcircuit permanent al înfăşurării primare cînd contactele întreruptorului sînt închise, sau butonul de scurtcircuitare în paralel cu acestea este apăsat. Circuitul secundar este deschis.

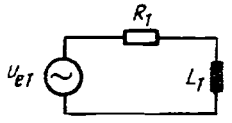


Fig. 10.10

Ca urmare a tensiunii electromotoare de rotaţie, prin înfăşurarea primară scurtcircuitată a magnetoului trece curentul de scurtcircuit care produce fluxul de reacţie al indusului. Acesta la rîndul său variind produce în spirele înfăşurării primare o tensiune electromotoare care se opune variaţiei curentului primar, ceea ce corespunde regimului de scurtcircuit permanent al generatorului monofazat, avînd excitaţia cu magnet permanent. Schema electrică echivalentă este arătată în fig. 10.10, în care am neglijat influenţa circuitului secundar.

Relaţia diferenţială generală pentru stabilirea curentului şi fluxului de reacţie a indusului în funcţie de unghiul de rotire a rotorului se poate scrie

$$u_{e1} = -w_1\omega\frac{\mathrm{d}\Phi_0}{\mathrm{d}\alpha} = R_1 i_1 + \omega\frac{(\mathrm{d}L_1 i_1)}{\mathrm{d}\alpha}. \tag{10.14}$$

La turaţii scăzute rezistenţa primară este mult mai mare decît reactanţa inductivă care se poate neglija

$$R_1 \gg \omega L_1. \tag{10.15}$$

În acest caz

$$i_1 = -\frac{w_1\omega}{R_1}\frac{\mathrm{d}\Phi_0}{\mathrm{d}\alpha}\frac{u_{e1}}{R_1}, \tag{10.16}$$

iar valoarea maximă

$$i_{1M} = -\frac{w_1\omega}{R_1} b\,\Phi_{0M}. \tag{10.17}$$

Curentul primar la turaţii mici este invers proporţional cu rezistenţa şi direct proporţional cu viteza de variaţie a fluxului magnetic de mers în

gol. Forma curbei curentului primar urmărește forma curbei tensiunii electromotoare și este în fază cu aceasta (fig. 10.11, *a*).

La turații ridicate reactanța inductivă are valori mai mari decît rezistența care se pote neglija

$$\omega L_1 \gg R_1 . \tag{10.18}$$

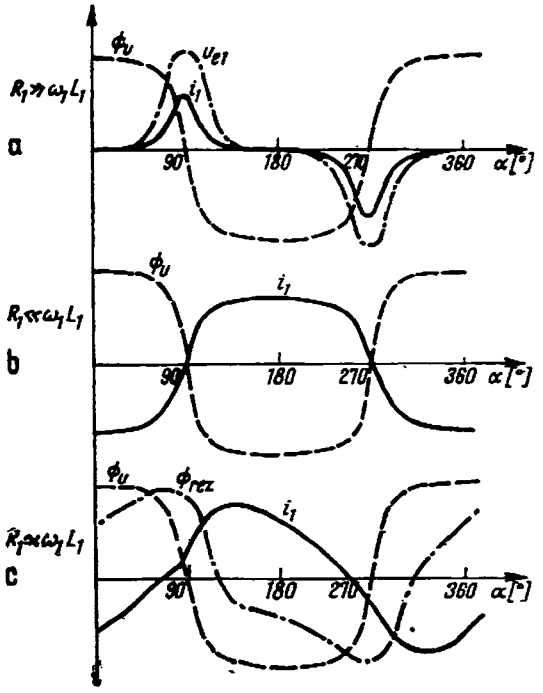


Fig. 10.11

În acest caz fluxul de reacție al indusului este practic egal cu fluxul de mers în gol. Se obține următoarea expresie pentru curentul primar

$$i_1 = -\frac{w_1}{L_1}\Phi_0 . \tag{10.19}$$

Rezultă că la turații mari curentul primar este direct proporțional cu valoarea absolută a fluxului de mers în gol cu care este în fază și invers proporțional cu inductivitatea primară. El nu depinde de rezistența circuitului primar și de turație (fig. 10.11, *b*).

În cazul general la turații mijlocii rezistența R_1 și reactanța ωL_1 sînt de același ordin de mărime și treb uie luate ambele în considerare.

Notăm fluxul de reacție al indusului

$$\Phi_{ri} = \frac{i_1 L_1}{w_1} \tag{10.20}$$

și obținem

$$u_{e1} = -w_1 \omega \frac{d\Phi}{d\alpha} = R_1 i_i + w_1 \omega \frac{d\Phi_{ri}}{d\alpha}. \tag{10.21}$$

Fluxul de reacție corespunzător scurtcircuitului permanent Φ_{ri} este opus fluxului Φ_m al magnetului permanent, pe care tinde să îl demagnetizeze. Din această cauză se obișnuiește ca magneții să fie prevăzuți cu armături pentru închiderea fluxului de reacție al indusului.

Din relațiile de mai sus, notînd

$$\Phi_{rez} = \Phi_0 + \Phi_{ri} \tag{10.22}$$

rezultă

$$i_1 = -\frac{w_1 \omega}{R_1} \frac{d}{d\alpha}(\Phi + \Phi_{ri}) = -\frac{w_1 \omega}{R_1} \cdot \frac{d\Phi_{rez}}{d\alpha}. \tag{10.23}$$

În cazul general curentul de scurtcircuit este proporțional cu viteza de variație a fluxului rezultant față de unghiul de rotire a rotorului și invers proporțional cu rezistența circuitului primar (fig. 10.11, *c*).

10.2.3. PROCESE LEGATE DE ÎNCHIDEREA CONTACTELOR ȘI CREȘTEREA CURENTULUI PRIMAR, CORESPUNZĂTOARE REGIMULUI DE SCURTCIRCUIT BRUSC

La funcționarea normală a magnetoului contactele nu stau în permanență închise ca în cazul regimului de scurtcircuit permanent, deci se deschid și se închid succesiv. La închiderea contactelor, magnetoul intră în regimul de scurtcircuit brusc sau forțat.

Regimul de scurtcircuit brusc diferă de regimul de scurtcircuit permanent numai cînd închiderea contactelor are loc pentru o poziție a rotorului în care curentul de scurtcircuit permanent este diferit de zero. În acest caz în momentul închiderii contactelor în afară de componenta

permanentă a curentului i_{1p} apare o componentă tranzitorie a curentului i_{1t} care are o expresie exponențială. Avem egalitatea

$$i_1 = i_{1p} + i_{1t} = i_{1p} + i_{10}\, e^{-\frac{R_1}{L_1} t} \tag{10.24}$$

Valoarea curentului tranzitoriu i_{10} în momentul închiderii contactelor se determină din condiția $t = 0$, la care corespunde $i_1 = 0$ și în acest caz avem

$$(i_{1t})_{t=0} = i_{10} = -(i_{1p})_{t=0}. \tag{10.25}$$

Dacă înlocuim pe t cu α din relația

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt}$$

și notăm cu α_0 unghiul de rotire al rotorului la care se produce închiderea contactelor, obținem

$$i_1 = i_{1p} + (i_{1p})_{\alpha=\alpha_0} e^{-\frac{R_1}{\omega L_1}(\alpha-\alpha_0)} \tag{10.26}$$

Construirea curbei rezultante a curentului primar este arătată în fig. 10.12, unde închiderea contactelor se produce în apropiere de fluxul maxim.

Se poate observa că în general maximul curentului primar pentru scurtcircuit forțat este sensibil mai mare decît maximul curentului de

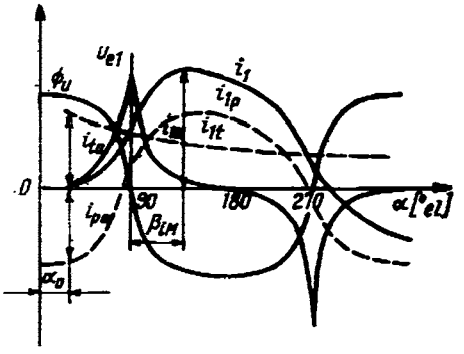


Fig. 10.12

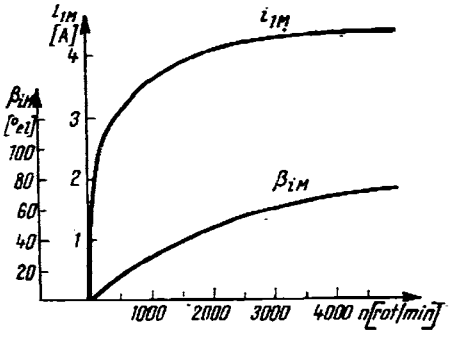


Fig. 10.13

scurtcircuit permanent. Dacă contactele se închid în momentul cînd componenta permanentă este zero atunci componenta exponențială

lipseşte şi curentul de scurtcircuit brusc devine egal cu curentul de scurtcircuit permanent. Cea mai mare valoare a curentului i_{10} se obţine la închiderea contactelor în momentul cînd valoarea curentului de scurtcircuit permanent este maximă.

La turaţii mari ale magnetoului cînd $\omega L_1 \gg R_1$ cea mai mare valoare a lui i_{10} se obţine pentru $\alpha_0 = 0$. În acest caz componenta exponenţială se amortizează încet faţă de unghiul de rotire al rotorului. În cazul extrem, curentul maxim pentru scurtcircuit forţat poate întrece de două ori maximul curentului de regim permanent

$$i_{1M} \approx 2\,(i_{1M})_p = \frac{2w_1}{L_1}\Phi_{0M}. \tag{10.27}$$

Maximul acestui curent se obţine pentru $\alpha = 180°$. În realitate datorită pierderilor, maximul curentului forţat nu depăşeşte valoarea de 1,7 ori maximul curentului permanent.

La turaţii mici ale magnetoului curentul regimului tranzitoriu este apropiat de curentul de scurtcircuit permanent, întrucît componenta exponenţială se amortizează repede ($R_1 \gg \omega L_1$).

Curentul depinde în esenţă de tensiunea electromotoare de rotaţie şi de rezistenţa circuitului primar (relaţia 10.16). Unghiul de defazaj între tensiunea electromotoare de rotaţie şi curent este mic. Maximul curentului depinde în mică măsură de schimbarea unghiului de închidere a contactelor pentru un domeniu larg. În acest caz valoarea unghiului de închiderea contactelor (α_0 fig. 10.14) se poate alege în limite destul de largi, cu condiţia ca închiderea contactelor să se facă cu cîteva zeci de grade înainte de maximul tensiunii electromotoare de rotaţie. Maximul curentului se obţine pentru $\alpha = 90°$.

În fig 10.13 este arătat cum variază valoarea maximului curentului de scurtcircuit brusc i_{1M} şi a unghiului β_{iM} corespunzător maximului acestui curent în funcţie de turaţie.

Alegerea unghiurilor de închidere şi deschiderea contactelor se face astfel ca să se obţină o valoare maximă a curentului din circuitul primar în momentul întreruperii contactelor.

Momentul închiderii contactelor se alege după momentul corespunzător maximului fluxului de mers în gol. Dacă unghiul de închiderea contactelor α_0 este prea mic curentul de scurtcircuit brusc scade datorită scăderii componentei tranzitorii i_{1t}. Dacă unghiul α_0 este prea mare, curentul de scurtcircuit brusc scade datorită scăderii componentei curentului de scurtcircuit permanent i_{1p}. Unghiul de deschiderea contactelor nu trebuie să depăşească momentul în care începe variaţia sensibilă a curentului de scurtcircuit permanent.

Deschiderea contactelor este bine să se facă pentru poziţia corespunzătoare curentului maxim de scurtcircuit brusc, care are loc după ce rotorul trece prin poziţia neutră (la unghiul β_{iM} fig. 10.12).

Unghiul dintre poziția neutră a rotorului și poziția rotorului în momentul deschiderii contactelor se numește după cum s-a arătat *unghi de rupere* sau în limba germană abriss (γ)

$$\gamma = \alpha - 90°. \tag{10.28}$$

Pentru magnetouri, care trebuie să prezinte calități bune la turații mici, unde unghiul β_{iM} la care apare maximul curentului este mic (de ex. la pornirea tractoarelor) se alege unghiul de rupere mic ($\gamma = 8...12°$) Pentru funcționarea la turații mari la care unghiul β_{iM} este mare (de ex. la mașini de curse) se recomandă unghiul de rupere mare ($\gamma = 20...40°$). Uneori se alege unghiul de rupere mare pentru a putea avea avansul reglabil.

În fig. 10.14 sînt arătate curbele curenților de scurtcircuit brusc, ai magnetoului, în funcție de unghiul de rotire a rotorului pentru diferite viteze de rotație ale acestuia. Unghiul de rupere corespunde în general maximului curentului pentru o turație medie.

Unghiul de închiderea contactelor se poate exprima prin

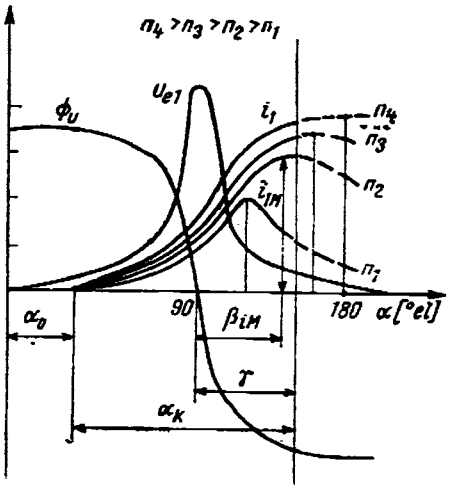


Fig. 10.14

$$\alpha_k = (90° - \alpha_0) + \gamma, \tag{10.29}$$

iar unghiul de deschiderea contactelor prin

$$\alpha_d = 180° - \alpha_k. \tag{10.30}$$

Unghiurile arătate mai sus se exprimă în grade electrice. Modificarea unghiurilor de rupere se poate obține prin rotirea plăcii întreruptorului.

10.2.4. PROCESE LEGATE DE DESCHIDEREA CONTACTELOR ȘI CREȘTEREA TENSIUNII SECUNDARE

La deschiderea contactelor energia înmagazinată în cîmpul de reacție

$$W_m = \frac{L_1 i_{1M}^2}{2}, \tag{10.31}$$

începe să oscileze între bobină şi condensator cu o frecvenţă ce depinde de parametrii circuitelor primar şi secundar.

Pentru determinarea valorii tensiunii înalte maxime, care apare la bornele circuitului secundar în timpul celei de a doua etape de funcţionare, facem următoarele ipoteze simplificatoare: a) neglijăm influenţa arcului electric la deschiderea contactelor ţinînd seama de prezenţa condensatorului; b) considerăm cuplajul magnetic complet între înfăşurarea primară şi cea secundară; c) considerăm contactul distribuitorului alunecător; d) neglijăm pierderile suplimentare în fier şi în cupru; e) considerăm rezistenţa de şuntare a bujiei finită cu valori mari; f) neglijăm valoarea rezistenţelor înfăşurărilor primare şi secundare; g) considerăm raportul dintre tensiunea primară şi secundară egal cu raportul numărului de spire

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2}. \tag{10.32}$$

Pornind de la schema echivalentă şi notaţiile din fig. 10.6, efectuînd calcule similare cu cele de la sistemul de aprindere de la baterie se obţine relaţia

$$U_{2M} = I_{1r}\sqrt{\frac{L}{C}} \cdot D, \tag{10.33}$$

sau explicitînd

$$U_{2M} = \eta I_{1r}\frac{w_2}{w_1}\sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}}\, e^{-\frac{\pi}{4R}\sqrt{\frac{L_1}{C_1+C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}}} \tag{10.34}$$

În aceste relaţii am notat cu I_{1r} valoarea curentului de scurtcircuit brusc al magnetoului în momentul deschiderii contactelor.

Deoarece magnetoul este un generator de putere mică, prezenţa rezistenţelor de şuntare mici şi a capacităţilor secundare mari influenţează sensibil scăderea tensiunii secundare.

10.2.5. STRĂPUNGEREA SPAŢIULUI DINTRE ELECTROZI ŞI PROCESELE DE DESCĂRCARE

După ce tensiunea secundară a atins o valoare mai ridicată decît tensiunea de străpungere necesară la bujie, are loc procesul de descărcare. Prima descărcare are un caracter capacitiv, iar următoarele pot fi

de tipul inductiv, capacitiv repetat sau mixt. La încercarea pe eclatoare descărcarea capacitivă este urmată de descărcarea inductivă, în timp ce pe motor sînt mai multe condițiuni favorabile pentru apariția descărcării capacitiv repetate sau mixte.

Descărcarea capacitivă este însoțită de scăderea bruscă a tensiunii secundare și de creșterea curentului secundar. Această descărcare are durată scurtă și este însoțită de efecte termice, care determină aprinderea amestecului combustibil. La sistemele cu magnetou ecranate, datorită capacității mari din circuitul secundar, descărcarea capacitivă este puternică. La turații medii și ridicate magnetoul prezintă o energie însemnată care poate duce la eroziunea accelerată a electrozilor. Pentru limitarea curentului de descărcare în aceste cazuri se conectează o rezistență de absorbție înaintea bujiilor.

Descărcarea inductivă se produce după descărcarea capacitivă. Durata descărcării este mai mare, iar valoarea curenților de descărcare mai mică decît în cazul precedent.

Descărcarea inductivă la sistemele cu magnetou, se deosebește de cea a sistemelor de la baterie datorită prezenței tensiunii electromotoare de rotație în înfășurarea secundară, care la început ajută descărcarea dar după trecerea ei prin zero spre domeniul negativ, împiedică procesul de descărcare. Tensiunea electromotoare de rotație la începutul descărcării inductive poate ajunge la sute de volți și are influență asupra curentului de descărcare și asupra timpului de descărcare.

Pentru aceeași valoare a energiei, uzura electrozilor la descărcarea inductivă este mai mică decît uzura electrozilor la descărcarea capacitivă. La turații mari energia inductivă crește și crește numărul de scîntei în unitatea de timp. Aceasta face ca în cazul bujiilor prea calde să apară uzuri exagerate ale electrozilor o dată cu trecerea de la descărcarea inductivă la descărcarea prin arc.

Prelungirea duratei descărcării inductive poate duce la scăderea tensiunii secundare. Uneori se introduc condensatori în serie cu înfășurarea secundară, care reduc durata descărcării inductive și cresc tensiunea secundară

10.2.6. CARACTERISTICA DE LUCRU A MAGNETOULUI

Caracteristica de lucru a sistemului de aprindere de la magnetou prezintă dependența între tensiunea secundară maximă și turație. În expresia tensiunii secundare (relația 10.34), singurul factor care depinde de turație este valoarea curentului brusc în momentul deschiderii contactelor.

Curentul de scurtcircuit brusc în momentul deschiderii contactelor I_{1r} se apropie de valorile maxime ale curentului de scurtcircuit brusc

(fig 10.14). Valoarea acestui curent va creşte rapid în domeniul turaţiilor mici pentru ca să devină practic constantă în domeniul turaţiilor ridicate. În mod asemănător variază tensiunea secundară maximă în funcţie de turaţie (fig. 10.15).

Spre deosebire de caracteristicile de lucru ale sistemelor de aprindere de la baterie, tensiunea secundară la turaţii mari este practic constantă în timp ce la turaţii mici scade rapid. Tensiunea secundară scade sensibil în cazul scăderii rezistenţei de şuntare.

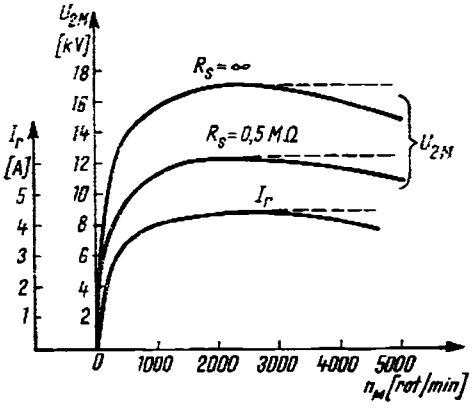


Fig. 10.15

La turaţii foarte mari tensiunea secundară maximă scade în oarecare măsură întrucît durata închiderii contactelor nu mai este suficient de mare ca să permită creşterea maximă a curentului, iar pe de altă parte pierderile magnetice şi electrice în magnetou cresc.

În concluzie sistemul de aprindere de la magnetou funcţionează bine la turaţii ridicate şi număr mare de cilindri, dar prezintă dificultăţi în ce priveşte pornirea la turaţii scăzute şi funcţionarea cu bujii cu rezistenţă de izolaţie scăzută.

10.3. CONSTRUCŢIA MAGNETOURILOR

În cele ce urmează ne vom referi la construcţia magnetourilor cu magnet în rotor pentru motoare cu mai mulţi cilindri, avînd următoarele componente principale (fig. 10.16): rotorul cu magnetul permanent *1*, statorul cu bobina de aprindere *2*, întreruptorul cu condensator *3*, dispozitivul distribuitor *4*, carcasa cu scuturile *5* şi cuplajul de antrenare *6*.

Rotorul cuprinde arborele pe care se fixează magnetul permanent şi armăturile.

Alegerea aliajului pentru magneţi se face în funcţie de caracteristicile magnetice, forma şi greutatea dorite ale magnetului. În prezent cele mai răspîndite aliaje folosite pentru magnetouri sînt aliajele de fier-aluminiu-nichel cu sau fără cobalt. Aceste aliaje prezintă o stabilitate bună la demagnetizare, variaţii de temperatură şi vibraţii, în schimb sînt fragile, din care cauză se prelucrează greu şi nu pot fi supuse la eforturi mecanice mari.

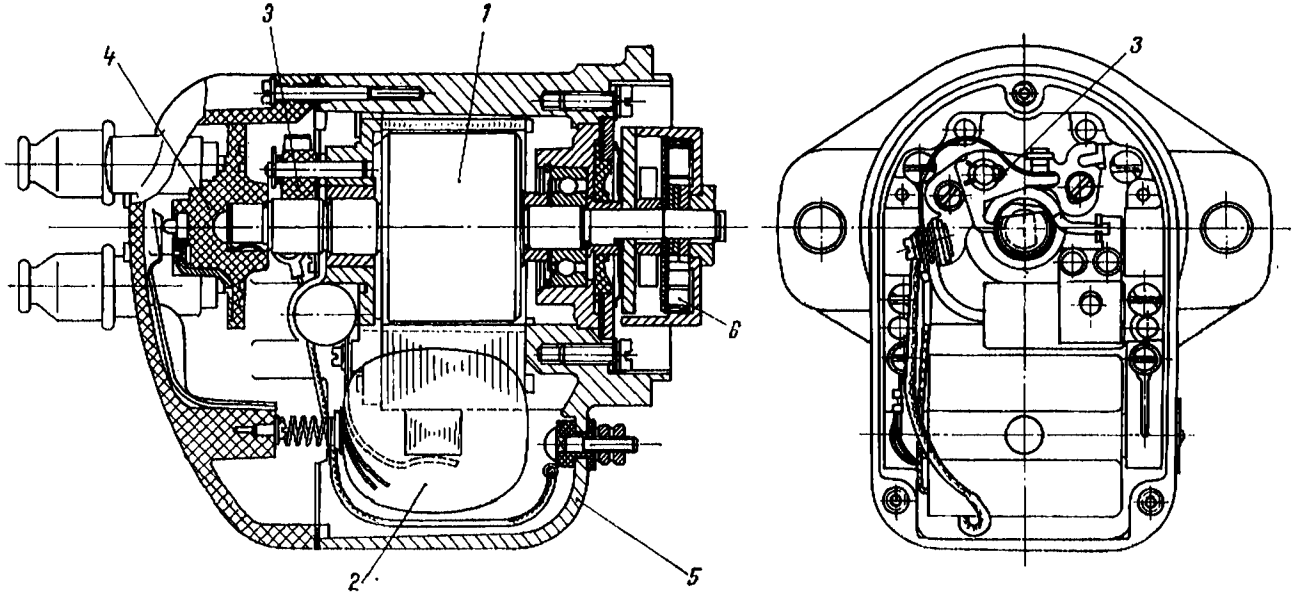


Fig. 10.16

Dintre aliajele fără cobalt amintim aliajul Alni 25/0,95, care are 24,5% Ni şi $(BH)_{max} = 0{,}95 \cdot 10^6$ Gs Oe. El se recomandă pentru magneţi cu greutatea 100...400 gf. Pentru magnetourile româneşti tip M1 şi M4 s-a folosit aliajul cu cobalt Alnico 12/1,4 cu 12,5% Co şi $(BH)_{max} = 1{,}4 \cdot 10^6$ Gs Oe, iar pentru magnetourile M4/2 aliajul Alnico 24/3,8 cu 24% Co şi $(BH)_{max} = 3{,}8 \cdot 10^6$ Gs Oe. Pentru magnetouri volante, se utilizează în special magneţi sinterizaţi. Fixarea armăturilor pe magnet şi a magnetului pe arbore se face cu ajutorul unui aliaj turnat sub presiune (zamak).

Tabelul 10.1

Caracteristicile magnetourilor

Caracteristicile	Tipul produsului			
	2M1	4M2	M4	M4/2
Sensul de rotaţie	dreapta	dreapta	dreapta	dreapta
Numărul de scînteі la o rotaţie, sc/rot	1	2	4	1
Funcţionarea în gol $R_s = \infty$				
Distanţa între eclatoare, mm	7	7	7	7
Turaţia minimă fără accelerator, rot/min	150	250	250	500
Turaţia maximă, rot/min	4 500	4 500	4 000	3 000
Funcţionarea automatului de avans				
Unghiurile de avans,	0...18	0...18	—	—
Turaţia, rot/min	900...1 800	900...1 800	—	—
Funcţionarea acceleratorului de pornire				
Unghiul de întîrziere, °	—	—	40...45	15...25
Turaţia minimă, rot/min	20	30	20	30

Pe arborele rotorului se mai fixează rulmenţii, care trebuie să fie de calitate corespunzătoare pentru ca magnetourile să poată funcţiona la întrefieruri mici (0,1...0,2 mm pe rază).

Circuitul magnetic statoric se execută din tole stanţate din tablă, care formează polii şi miezul bobinei.

Bobina de aprindere în cazul magnetourilor este aşezată pe jugul indusului şi constituie un autotransformator. Pentru o mai bună transmisie a căldurii şi o mai bună izolare a părţii de înaltă tensiune, înfăşurarea primară este situată lîngă jug şi are un capăt legat la acesta. Raportul numerelor de spire se alege de obicei $w_2/w_1 = 40...55$ Bobinele se impregnează cu lacuri oleogliptalice sau cu ulei de transformator şi se acoperă la exterior cu lac de acoperire.

Pentru a obține gabarite mici în unele cazuri bobinele se compaundează cu rășină antiarc (epoxi).

Întreruptorul magnetoului se aseamănă cu cel al aparatelor de aprindere de la baterie. Numărul de proeminențe ale camei se alege în funcție de numărul de scîntei necesare la o rotație, de numărul de perechi de poli și de angrenajul între rotor și distribuitor.

Distribuitorul magnetoului cuprinde rotorul și capacul din bachelită de înaltă tensiune. Dacă numărul de scîntei la o rotație este mai mic decît numărul de cilindri este necesar un angrenaj care cuprinde de obicei roți dințate din textolit.

Carcasa și scuturile magnetoului servesc pentru fixarea pieselor componente. Ele se execută din zamak sau silumin. Pe arborele rotorului, în afara scutului se fixează cuplajul de antrenare.

Tabelul 10.2

Date constructive principale ale magnetourilor

Datele tehnice	Tipul produsului			
	2M1	4M2	M4	M4/2
Înfășurarea primară				
Numărul de spire	235	235	160	160
Diametrul conductorului, mm	0,72	0,72	1,0	0,75
Rezistența înfășurării, Ω	0,57	0,57	0,29	0,62
Înfășurarea secundară				
Numărul de spire	12 500	12 500	12 000	11 650
Diametrul conductorului, mm	0,07	0,07	0,07	0,07
Rezistența înfășurării, Ω	6 250	6 250	7 350	6 600
Rotorul				
Materialul magnetului	Alnico 2	Alnico 2	Alnico 2	Alnico 5
Greutatea magnetului, gf	200	200		220
Numărul de poli	2	2	2	4
Diametrul exterior al rotorului, mm	49,7	49,7	58,6	50.9
Diametrul exterior al magnetului, mm	43	43		40
Lungimea magnetului, mm	31	31	29	30
Greutatea produsului, kgf	2,65	2,7	5,7	2,31

Dintre magnetourile fabricate în România amintim tipurile M1 cu cu o scînteie, M4 cu patru scîntei și M 4/2 cu 2 scîntei la o rotație. În tabelul 10.1 sînt arătate principalele caracteristici ale acestor magnetouri, iar în tabelul 10.2 datele lor constructive.

10.4. ÎNCERCĂRILE MAGNETOURILOR

Încercările magnetourilor încep prin verificarea prealabilă a cotelor de gabarit şi montaj şi prin controlarea execuţiei unor piese şi subansamble cum ar fi : starea contactelor, presiunea şi distanţa între ele, caracteristicile condensatorului, izolaţia pieselor de înaltă tensiune etc.

Încercările de funcţionare se fac pe bancuri speciale. Ele cuprind de obicei verificarea producerii scînteilor la pornire şi în întreaga gamă de turaţii şi eventual caracteristica de avans.

Producerea scînteilor la pornire (turaţia minimă) se verifică după stabilizarea magnetului permanent care se obţine prin scurtcircuitarea contactelor. În cazul magnetourilor fără acceleratoare de pornire se prescrie ca turaţiile minime, la care se produc scîntei de 7 mm pe descărcătorul cu trei electrozi, să fie cuprinse între 150 ..500 rot/min. În cazul magnetourilor cu acceleratoare de pornire, producerea scînteilor trebuie să aibă loc deja la 30 rot/min, iar acceleratoarele trebuie să iasă din funcţiune la o anumită turaţie. Grifele cuplajului de antrenare trebuie să se afle într-o anumită poziţie în momentul producerii scînteilor.

Verificarea producerii neîntrerupte a scînteilor, în întreg domeniul de turaţii se face, de asemenea pe descărcătoare cu trei electrozi la distanţa de 7 mm, variind lent turaţia timp de 30 s şi menţinînd-o constantă la valoarea minimă şi maximă timp de 30...60 s. Verificarea producerii neîntrerupte a scînteilor se face auditiv şi vizual admiţîndu-se maximum 1 ...5% întreruperi.

În cazul magnetourilor pentru motoare de putere mică (de ex. magnetouri volante) producerea scînteilor se face pe eclatoare la 6 mm. Pentru magnetourile cu automate de avans centrifugale este necesar să se facă verificarea caracteristicii de avans.

În afara încercărilor de funcţionare arătate mai sus se mai fac verificări la : supraturaţie, vibraţii, tip de protecţie, umiditate, protecţia împotriva coroziunii etc.

Proba de durată a magnetourilor cuprinde funcţionarea, timp de 500...1 000 h, continuă sau cu cicluri de cîte 30 min cu durata activă 15 min. Se permite curăţirea contactelor şi reglarea distanţei între ele după primele 50 h de funcţionare, iar în continuare după cîte 250 h.

11. BUJII

11.1. CLASIFICAREA BUJIILOR PENTRU APRINDERE PRIN SCÎNTEIE

Bujia este elementul sistemului de aprindere care are rolul de a conduce tensiunea înaltă în camera cilindrului motorului şi de a produce aprinderea amestecului combustibil datorită scînteii care apare între electrozi. În acest scop bujia cuprinde ca părţi principale : corpul metalic, izolatorul şi electrozii (fig. 11.1).

Corpul metalic este prevăzut la partea inferioară cu o porţiune filetată care se înşurubează în carcasa motorului. Pentru strîngere, la partea superioară corpul metalic are o formă exagonală. Izolatorul ceramic este

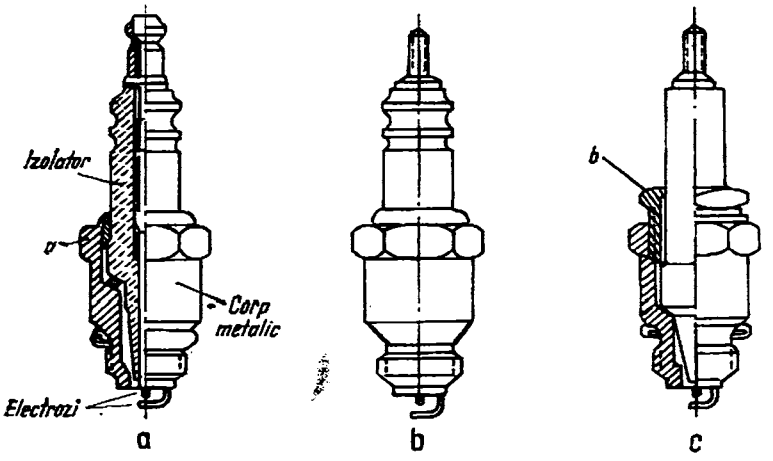


Fig. 11.1

fixat în corpul metalic şi serveşte pentru a izola electrodul central de cel lateral astfel încît curentul electric să nu poată trece decît între extremităţile celor doi electrozi între care se produce scînteia electrică.

Se poate face o clasificare a bujiilor atît din punct de vedere al construcţiei (după posibilitatea de demontare, modul de antiparazitare etc.),

cît şi din punct de vedere al caracteristicilor (în funcţie de dimensiuni, de valoarea termică etc.).

După modul de asigurarea etanşării faţă de carcasă deosebim bujii cu garnitură de etanşare (fig. 11.1, *a*) şi bujii cu scaun conic (fig. 11.1, *b*).

Bujiile pot fi nedemontabile sau demontabile; dintre acestea primele sînt cele mai răspîndite asigurînd o mai bună etanşare. Izolatorul bujiilor nedemontabile (fig. 11.1,*b* şi *a*) se fixează de corpul metalic prin roluirea la rece sau la cald a marginei corpului şi prin umplerea spaţiului dintre

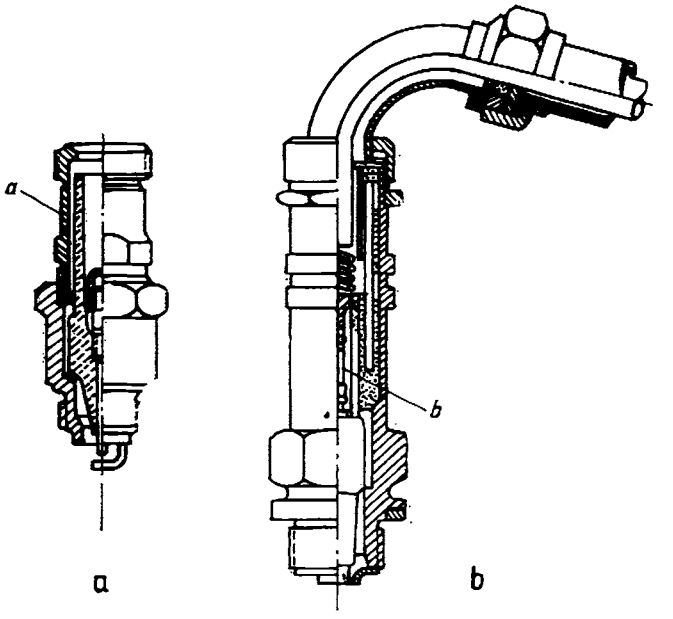


Fig. 11.2

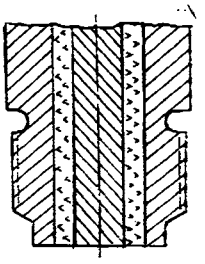


Fig. 11.3

corp şi izolator *a* cu masă de umplere ermetică (praf de talc sau caolină). La bujiile demontabile (fig. 11.1, *c*) izolatorul se strînge cu ajutorul unei piuliţe *b* înşurubată în filetul din corpul metalic. Aceste bujii permit demontarea şi curăţirea izolatorului. În prezent se folosesc aproape exclusiv bujii nedemontabile.

Din punct de vedere al antiparazitării amintim bujiile blindate la care în jurul izolatorului este aşezat un ecran cilindrice *a*, care se înşurubează în corpul metalic. Acest ecran asigură în acelaşi timp protecţia izolatorului faţă de lovituri. Pentru reducerea paraziţilor se obişnuieşte în unele cazuri să se introducă o rezistenţă de antiparazitare *b* în interiorul bujiei (fig. 11.2).

În funcţie de dimensiunile bujiilor, acestea pot să difere după: diametrul şi lungimea filetului corpului metalic, deschiderea cheii de fixare a bujiei, lungimea părţii cilindrice a corpului şi înălţimea bujiei.

Din punct de vedere al funcţionării interesează în mod deosebit clasificarea după valoarea termică a bujiilor (bujii reci, bujii calde). De asemenea pentru a realiza anumite caracteristici se aleg materiale şi forme diferite pentru unele elemente ale bujiei (materialul izolatorului, forma şi numărul electrozilor etc.).

În ultimul timp au fost realizate în străinătate bujii cu electrozii circulari, la care scînteia se produce pe întreaga suprafaţă frontală a materialului semiconductor aflat între electrozi (fig 11.3). Întrucît în acest caz scînteia vine în contact cu o suprafaţă mai mare a amestecului combustibil, aprinderea este mai sigură şi pentru amestecuri sărace ceea ce duce la o funcţionare economică a motorului. Aceste bujii necesită tensiuni de aprindere mai mici şi practic nu se ancrasează, în schimb prezintă dezavantajul că sînt mai greu de fabricat şi mai scumpe.

11.2. SOLICITĂRILE ŞI CARACTERISTICILE BUJIILOR

11.2.1. REGIMUL TERMODINAMIC ŞI CARACTERISTICILE TERMICE ALE BUJIILOR

În timpul funcţionării motorului, datorită temperaturii gazelor, bujia şi în special izolatorul şi electrodul central al acesteia se încălzesc atingînd temperaturi ce depind de echilibrul termic care se stabileşte.

Variaţia presiunilor şi temperaturilor în decursul unui ciclu de funcţionare a unui motor în patru timpi este arătată în fig. 11.4. După cum se vede, în momentul atingerii presiunii maxime, gazele în cilindru au temperatura de 2 000...3 000°C în timp ce la admisie temperatura este de 40...120°C.

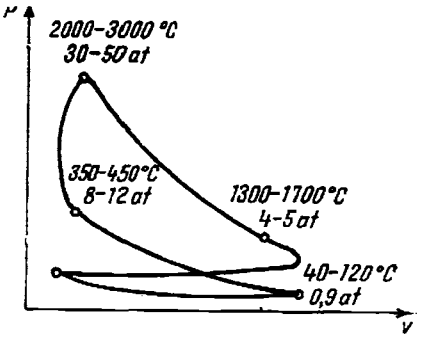


Fig. 11.4

Solicitările termice ale bujiei sînt cauzate pe de o parte de variaţiile de temperatură, încălziri şi răciri repetate ale părţii inferioare a bujiei, iar pe de altă parte de tensiunile termice, care iau naştere datorită diferenţei de temperatură care există între partea inferioară a izolatorului aflată în cilindru şi partea superioară expusă mediului ambiant.

La punerea în funcţiune a motorului rece, cea mai mare parte din căldura transmisă de gazele calde la bujie serveşte pentru ridicarea temperaturii acesteia. La echilibrul termic o parte din căldură se pierde prin radiaţie în amestecul carburant, o altă parte se transmite chiulasei

motorului, iar altă parte se pierde prin radiație în aerul ambiant (fig. 11.5).

Pentru buna funcționare a bujiei este necesar ca partea inferioară a izolatorului să aibă în timpul funcționării o temperatură de peste 450° ...580° C pentru ca toate reziduurile (praf de cărbune rezultat din arderea amestecului carburant, sau stropi de ulei ce ajung la electrozi) să fie arse. Această temperatură poartă numele de temperatură de autocurățire a bujiei. Pe de altă parte la temperaturi de peste 800...900°C

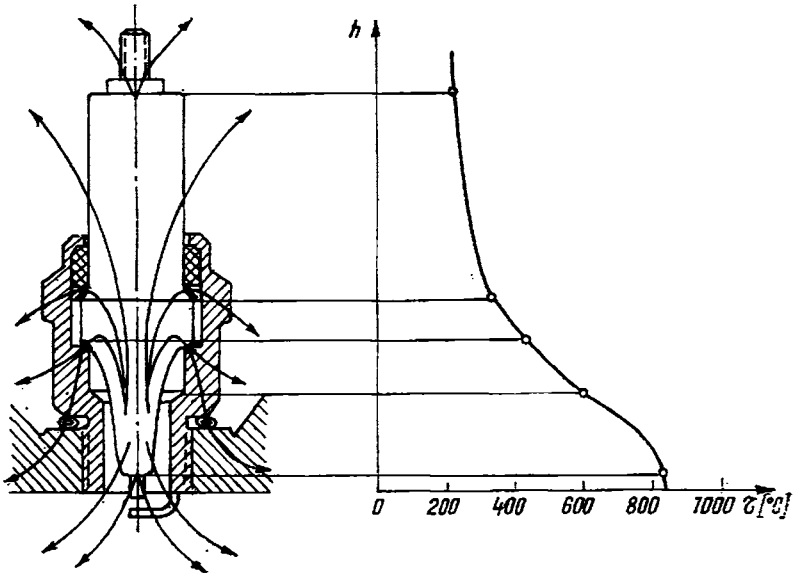


Fig. 11.5

ale izolatorului și ale electrodului central au loc preaprinderi (aprinderile amestecului se produc prea devreme față de momentul optim de aprindere). Motorul pierde din putere și funcționează cu bătăi neregulate sau, dacă temperatura este foarte mare, aprinderea amestecului poate avea loc în timpul aspirației, în care caz apar împușcături în carburator și pericol de incendiu. Pentru ca bujia să funcționeze bine trebuie ca temperatura de regim a electrodului central și a părții inferioare a izolatorului să fie suficient de mare pentru a permite îndepărtarea reziduurilor prin autocurățire, dar nu prea mare pentru a nu permite preaprinderi. Bujia trebuie astfel aleasă încît echilibrul termic să se stabilească la temperatura dorită.

Transmisia de căldură și echilibrul termic depind de o serie de factori între care arătăm : forma și dimensiunile părții inferioare a izolatoru-

lui, forma şi mărimea spaţiului între izolator şi corpul metalic, conductibilitatea calorică a izolatorului electrodului central şi materialelor de etanşare etc. La aceeaşi formă şi dimensiuni exterioare ale izolatorului bujiei, încălzirea acestuia va fi cu atît mai mare cu cît suprafaţa părţii inferioare a izolatorului în contact cu gazele fierbinţi este mai mare şi cu cît înălţimea acestei porţiuni a izolatorului e mai mare. Bujiile cu partea inferioară a izolatorului mai lungă numite *bujii calde* (fig. 11.6, *a*) au temperatura de regim mai ridicată, în timp ce bujiile cu partea

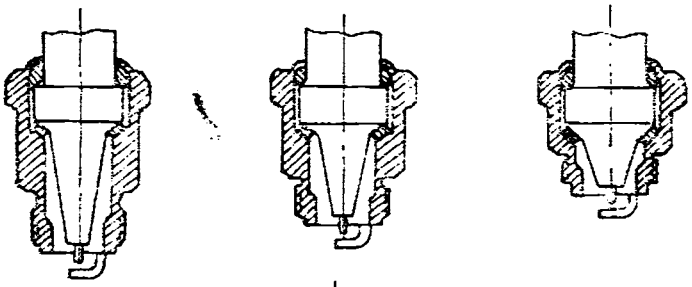


Fig. 11.6

inferioară a izolatorului mai scurtă numite *bujii reci* (fig. 11.6, *b*) au temperaturi mai scăzute.

Proprietăţile termice ale bujiilor sînt caracterizate, după cum s-a arătat, prin *valoarea termică W* (numită şi cifră de incandescenţă), care exprimă capacitatea de transmitere a căldurii din camera de ardere a motorului către mediul exterior. Aceasta se măsoară indirect prin timpul (în secunde sau sutimi de minut) care trece de la pornirea unui motor etalon construit special în acest scop pentru funcţionarea într-un anumit regim, pînă la apariţia primei aprinderi prin incandescenţă (preaprinderii) a amestecului carburant cauzată de supraîncălzirea bujiei. Dacă la acelaşi motor se montează pentru încercări bujii cu valori termice diferite, se constată că temperatura vîrfului electrodului central este cu atît mai mare cu cît valoarea termică a bujiei este mai mică. Bujiile calde au valori termice mici, iar bujiile reci au valori termice mari.

Valorile termice standardizate ale bujiilor sînt: 45, 95, (125), 145, 175, 195, 225, 240, 280, 310, 340, 370, 400, 440.

În afară de solicitările termice arătate mai sus, bujiile trebuie să facă faţă unor solicitări electrice, mecanice şi chimice.

11.2.2. SOLICITĂRILE ELECTRICE

În timpul funcţionării pe autovehicul bujiile trebuie să suporte tensiuni care variază între 4...8 kV în regim normal şi 11...14 kV la pornirea motorului rece. Pentru cazuri speciale spre exemplu pentru

încercări, tensiunea la bujie poate atinge 15...20 kV. Din această cauză se consideră în mod obişnuit că bujiile trebuie să reziste (conform STAS 5518-64) la 22 kV. Trebuie menţionat că o dată cu mărirea performanţelor bobinelor de aprindere şi a tendinţei de mărire a distanţei între electrozii bujiilor, pentru asigurarea unor arderi complete ale amestecului combustibil în vederea evitării poluării aerului, bujiile trebuie să suporte tensiuni de peste 30 kV.

Bujiile trebuie să aibă rezistenţe de izolaţie mari la temperaturi înalte. Rezistenţa de izolaţie ridicată trebuie menţinută chiar şi în cazul ancrasării bujiilor. Datorită depunerilor şi îmbătrînirii izolatorului, rezistenţa de izolaţie în stare rece poate scădea de la 500...1 000 MΩ la bujii noi, la valori de 0,5...1 MΩ la bujii uzate. Rezistivitatea de volum a izolatorului trebuie să aibă valori cuprinse între (0,25...1)MΩ . cm la 700°C. Se obişnuieşte ca pentru compararea izolaţiilor să se determine *cifra de temperatură* T_c adică temperatura la care materialul are rezistivitatea de volum egală cu 1 MΩ.cm. Cifra de temperatură pentru diferiţi izolatori variază între 500...1 000°C.

Bujia trebuie să suporte tensiuni de străpungere şi de conturnare ridicate (rigiditatea dielectrică a izolatorului 15...20 kV/mm).

Menţionăm că aşa cum s-a mai arătat tensiunea la electrozii bujiei depinde de o serie de factori cum ar fi : distanţa dintre electrozi, starea, natura şi temperatura electrozilor, presiunea, temperatura şi compoziţia amestecului combustibil şi starea izolatorului ceramic. Mărirea distanţei între electrozi datorită unui reglaj defectuos, sau uzurii electrozilor, poate provoca creşterea tensiunii peste limitele admise de izolator şi defectarea acestuia. Electrozii arşi cu muchiile rotunjite necesită tensiuni mai mari decît cei în stare bună cu muchiile ascuţite. Temperaturile ridicate ale electrodului central favorizează producerea scînteilor datorită emisiei de electroni. Acesta este unul din motivele pentru care motorul cald porneşte mai uşor decît cel rece. Întrucît creşterea presiunii gazelor determină creşterea tensiunii de străpungere, cu cît gradul de compresie al motorului este mai mare cu atît distanţa între electrozii bujiei trebuie să fie mai mică.

11.2.3. SOLICITĂRILE MECANICE ŞI CHIMICE

După cum s-a arătat (fig. 11.4) în timpul funcţionării motorului presiunea în cilindrii variază mult (în general între 0,9...50 at). De asemenea în timpul funcţionării apar vibraţii şi şocuri care solicită bujiile. Este necesar ca acestea să reziste din punct de vedere mecanic la compresiunea datorată presiunii din cilindri, la forţa de strîngere care apare prin înşurubarea bujiei pe chiulasa motorului şi la solicitările de vibraţii şi şocuri. Bujia trebuie să asigure etanşeitatea faţă de scăparea gazelor în condiţiile de variaţie ale presiunilor şi temperaturilor.

Se prescrie ca fixarea electrodului central în izolator și a electrodului lateral în corpul metalic să fie făcute în așa fel ca acestea sub acțiunea temperaturii și vibrației motorului să nu capete joc și să nu se desprindă. Electrodul central cu tija nu trebuie să se smulgă din izolator la aplicarea unei forțe de tracțiune de 100 kgf. Electrodul lateral nu trebuie să se desprindă sau să prezinte crăpături la locul de prindere în corpul bujiei, atît după îndoirea lui la 90°, cît și după readucerea lui în poziția inițială.

Bujiile trebuie să fie construite în așa fel încît să asigure etanșeitatea la presiunea de 20 kgf/cm² la temperatura mediului ambiant (unele prescripții prevăd 50...70 kgf/cm²). După o încercare termică la 700°C nu se admite o infiltrație de aer mai mare de 10...40 cm³/min la presiuni de 10...20 kgf/cm². Construcția scaunului corpului metalic și a garniturii de etanșare, care se pune între bujie și chiulasă, trebuie să asigure etanșarea corespunzătoare momentului de strîngere prescris.

Solicitările chimice. Electrozii bujiei trebuie să reziste la acțiunea corosivă a gazelor la temperaturi ridicate. De asemenea izolatorul nu trebuie să intre în reacție chimică cu gazele de ardere sau să-și modifice structura. Materialele utilizate în construcția bujiilor nu trebuie să favorizeze ancrasarea care după cum am văzut are efecte foarte dăunătore.

11.3. CONSTRUCȚIA BUJIILOR

Principalele părți componente ale unei bujii nedemontabile (fig. 11.7) sînt: corpul metalic *1*, izolatorul *2*, electrodul lateral *3*, electrodul central *4*, tija de legătură, garniturile de etanșare inferioară *5*, *6* și superioară *7* și piulița de strîngere *8*.

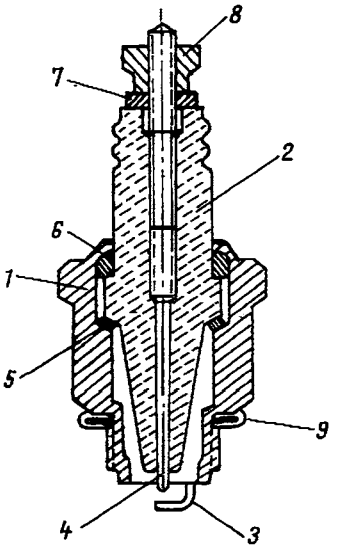


Fig. 11.7

Corpul metalic (carcasa) constituie suportul pe care se montează celelalte piese ale bujiei. El se execută din oțel și cuprinde o parte inferioară filetată la exterior, care se înșurubează în chiulasa motorului și o parte superioară cu profil exterior exagonal, care servește pentru strîngere. Filetul (de obicei M 14 × 1,25) poate fi obișnuit sau lung (de ex. 12,7 sau 19 mm).

Izolatorul se află în partea centrală a bujiei. Materialul din care se execută acesta trebuie să îndeplinească o serie de condiții privind: temperatura de înmuiere, stabilitatea termică la temperaturi ridicate, conductibilitatea termică, rezistențele electrice de volum și de suprafață,

Comparația diferitelor

Filetul		Sinterom (Triumf) (România)	AC (Franța)	SEV Marchal (Franța)
Diametru, mm	Lungime, mm			
14	12,5	M 14–95	47 L, 48	
14	12,5	M 14–145	46 FF 45 F	37 S
14	12,5	M 14–175	45 F, 46 FGO 45 L	36 35/36
14	12,5	M 14–195	44 FA	36 35/36
14	12,5	M 14–225	42 FF 44 F	35
14	12,5	M 14–240	41 F	34 S
14	12,5	M 14–P 225	–	
14	19	M 14 L 175	45 XL 44 N	36 II
14	19	M 14 L 240	43 XL	2/33 H 34 HF, 34 SH
14	18	M 14 LX 280	–	RR 33 H
18	12,5	M 18–175	84, C 83 II M 84	20 LCE
18	12,5	M 18–195	C 83 H	
18	12,5	M 18–225	M 83 C 82 H	19 LCE
18	12,5	M 18–240	81 S Com. M 82	17/LE; 2/13
18	12,5	M 18–C–145	C 84 T 84 T	–
18	12,5	M 18–C–175	C 83 T C 84 T	–

Tabelul 11.1

tipuri de bujii

Marelli (Italia)	Bosch (Germania)	KLG (Anglia)	Champion (SUA)
CW 100 N	W 95 T 1	F 20	H 11; H 12
CW 150 N	W 145 T 1; W 150 M 11 S	F 50	H 10 H 11; L 10
CW 175 N CW 175 JM	W 175 T 1 W 175 T 7	F 70	L 86
	W 190 M 11 S	CF 50	L 86; H 8
CW 225 A; CW 225 N CW 225 JM	W 225 T 1 W 225 T 7	F 75	L 7; L 85
CW 230 A CW 240 N	W 240 T 1	F 80	L 5, L 81
	W 200 T 35	F 55 P	L 87 Y
	W 160 T 2 W 175 T 2	FE 50 FE 70	N 6, N 8 N 144, N 164
CW 240 L	W 240 T 2 W 240 T 28	CL—5 LF FE 80	N 3
CBW 1001 C/B	W 290 T 17	FE 250 FE 260	N 63 R N 62 R
CM 175 A	M 175 T 1	M 60	D 9 J; D 10
CM 200 A	—	—	UK 10 5 MJ
CW 225 A	M 225 T 1	M 80	5 MJ; D 9 K 11 5 com
—	M 240 T 1	M 100	D 6; K 9 4 com.
—	MA 145 T 1	TMT 50 MT 55 P	860, F 11 Y
—	MA 175 T 1	TMT 50 MT 65 P	860, F 9 Y

cifra de temperatură, rezistența mecanică la întindere, compresiune, șoc și coeficientul de dilatare termică.

Dintre materialele utilizate pentru izolatoare amintim : steatita care este un silicat de magneziu cu conținut de apă, silimanitul care conține 37% Si O_2 și 63% Al_2O_3, corunditul cu 80...90% Al_2O_3 și sintercorundul cu 94...99% Al_2O_3.

Forma izolatoarelor trebuie să asigure distanțele exterioare necesare pentru evitarea conturnărilor și suprafața părții inferioare (ciocul sau piciorul izolatorului) pentru a corespunde la valoarea termică dorită.

Electrozii trebuie să aibă o construcție care să asigure condițiile necesare pentru producerea scînteilor și funcționarea de lungă durată pe motor. Numărul, forma și amplasarea electrozilor poate fi diferită. Bujiile cele mai des întîlnite au doi electrozi : unul central și unul lateral, cu suprafețele între care se formează scînteie plane și paralele. Materialul electrozilor trebuie să îndeplinească o serie de condiții privind posibilitatea de ionizare, rezistența la temperaturi ridicate, rezistența la acțiuni chimice, dilatarea termică, posibilitatea de a fi deformat pentru reglarea distanței între electrozi. Pentru bujii obișnuite se utilizează aliaje de nichel sau crom, iar pentru bujii speciale argint și platină.

Tabelul 11.2

Tipurile bujiilor și distanțele între electrozi pentru diferite autovehicule

Tipul autovehiculului	Tipul bujiei	Distanța între electrozi
Skoda 1000 MB	Pal Super 14-7	0,7...0,85
Moskvici 407	A 110	0,6...0,75
Moskvici 408	A 7,5 YC	0,6...0,75
Fiat 600 D	CW 225 N	0,5...0,6
Fiat 850	CW 240 L	0,6...0,7
Fiat 1300	CW 240 LP	0,5...0,6
Renault R 8	AC 43 F	0,6...0,7
Renault Gordini	L 85	0,6...0,7
Renault R 16	AC 45 XL	0,7
Dacia 1100	AC 44 F	0,6...0,7
Dacia 1300	AC 43 F	0,5...0,6
Bucegi SR 113	M 18 C-175	
Muscel M 416	M 18 C-175	

Distanța între electrozi se stabilește după cum s-a arătat în funcția de gradul de compresiune (de ex. $d = 0,7...0,8$ mm pentru $\varepsilon = 4,5...5,5$ și $d = 0,4...0,5$ mm pentru $\varepsilon = 7...9$).

În afară de garniturile de etanșare interioare se obișnuiește ca bujiile să fie livrate cu garnituri de etanșare exterioare *9*, care se montează între bujii și chiulasă. Garniturile împiedică scăparea gazelor calde.

Bujiile românești fabricate de Uzina SINTEROM—CLUJ sînt notate cu simbolul bujiei și valoarea termică (spre exemplu M14-145). Se utilizează următoarele simboluri M14, M14X, M14L, M14LX, M18 și M18C, în care cifrele reprezintă filetul, iar literele : L — filet lung, X — bujii pentru sport ; C — scaun de etanșare.

În tabelul 11.1 sînt arătate comparativ echivalențele diferitelor tipuri de bujii mai importante, iar în tabelul 11.2 tipurile bujiilor și distanțele între electrozi pentru diferite autovehicule.

11.4. ÎNCERCĂRILE BUJIILOR

Forma şi dimensiunile de gabarit şi montaj ale bujiilor trebuie să corespundă standardelor sau normelor. Se controlează dimensiunile principale, filetul, garniturile şi distanţa între electrozi.

Încercările bujiilor conform STAS 5518-64 cuprind verificări ale condiţiilor mecanice, termice şi electrice.

Încercările mecanice şi termice. Se verifică : execuţia pieselor componente (nu se admit la piesele de oţel ştirbituri, fisuri, spire de filet rupte, iar la izolatoare crăpături sau fisuri în glazură) şi protecţia corespunzătoare prin brunare sau acoperiri galvanice a pieselor de oţel. Fixarea electrozilor centrali şi laterali trebuie să corespundă condiţiilor prescrise. Pentru rezistenţa la zmulgere a electrodului central se va folosi un aparat adecvat.

Bujiile trebuie să reziste la temperatura de 700°C. Pentru aceasta bujia este încălzită şi menţinută la această temperatură timp de 10 min. după care urmează o răcire lentă în aer liber (20°C). Nu trebuie să apară crăpături sau fisuri la suprafaţa izolatorului ceramic. După această încercare termică se verifică etanşarea folosind o pompă de presiune. Scăpările de presiune se observă la aparat şi dacă este cazul se toarnă puţină benzină sau alcool peste bujie pentru a observa locurile neetanşate.

Determinarea valorii termice a bujiilor se face pe un motor special.

Încercările electrice. Se verifică izolaţia electrică aplicînd tensiunea de ţinere prescrisă la presiunea atmosferică, la rece (20°C) şi la cald (700°C). Izolatoarele bujiilor trebuie să suporte aceste tensiuni minimum 30 s. Uneori se verifică şi rezistenţa de izolaţie.

Verificarea producerii scînteilor la bujii trebuie făcută într-un dispozitiv special, care asigură distanţa între electrozi şi presiunea prescrisă. Se prescrie spre exemplu producerea fără întrerupere a scînteilor la distanţa între electrozii bujiei de 0,6 mm şi presiunea de încercare 7,9 kgf/cm^2, ceea ce corespunde la o distanţă de 12 mm pentru descărcătorul cu 3 electrozi, la presiune normală.

Încercarea de durată. În conformitate cu STAS 5518-64 se prescriu următoarele durate de utilizare informative a bujiilor pentru motoare în patru timpi ; la răcirea cu apă şi bujii ventilate 15 000 km, la răcire cu apă şi bujii neventilate 12 000 km şi la răcire cu aer 10 000 km, iar pentru motoare în doi timpi : la răcirea cu apă 8 000 km şi la răcire cu aer 6 000 km.

În timpul încercării de durată bujiile nu trebuie să prezinte defecţiuni cum ar fi : străpungerea izolatorului, crăparea ciocului izolatorului, ruperea sau desprinderea electrozilor, creşterea jocului între corpul metalic şi izolator.

11.5. ALEGEREA ŞI EXPLOATAREA BUJIILOR

Alegerea bujiilor. Dimensiunile bujiilor se aleg în funcţie de spaţiul existent pe motor. Este preferabil să se aleagă bujii cu diametrul mare, întrucît prezintă avantaje în ceea ce priveşte pericolul de ancrasare, arderea electrozilor şi aprinderile prin incandescenţă.

Valoarea termică a bujiilor pentru un anumit motor este indicat să se stabilească pe bază de măsuri. În acest scop se folosesc bujii speciale pentru măsurat temperatura, care au montate termoelemente în electrodul central. Măsurile se fac în regimurile de funcţionare ale motorului cu solicitările cele mai ridicate, la turaţii şi sarcini mari. Alegerea valorii termice a bujiei se face astfel ca temperatura de regim a electrodului central să fie cuprinsă între limitele prescrise pentru a permite autocurăţirea şi pentru a evita autoaprinderea.

Alegerea valorii termice a bujiilor se poate face (mai puţin precis) şi pe bază de calcul.

Temperatura de regim a bujiei este influenţată de gradul de încărcare a motorului şi de turaţie. La mersul cu viteze mici temperatura de regim a bujiei este mai redusă cu 200...400°C faţă de temperatura atinsă la viteze mari cu motorul încărcat.

O dată cu creşterea raportului de compresie şi creşterea avansului la aprindere rezultă de asemenea o creştere a temperaturii. Şi modul de răcire a locaşului bujiei influenţează temperatura de regim. Bujiile aşezate în apropierea supapelor sau canalelor de evacuare se încălzesc mai mult decît cele amplasate în regiunea supapelor de admisie. Există situaţii în care cu toate că se respectă valoarea termică recomandată precum şi cifra octanică prescrisă pentru benzină, totuşi bujia apare prea rece sau prea caldă. Această situaţie se poate datora : unor condiţii de exploatare deosebite, unei uzuri avansate a motorului sau unor reparaţii şi modificări a motorului. De asemenea trebuie arătat că prin funcţionare bujia îşi modifică în anumită măsură valoarea termică.

În general motoarele care lucrează la sarcini mai mari decît cele prescrise necesită bujii mai reci, iar motoarele uzate avînd grad de compresie mai mic şi pătrunderi de ulei, necesită bujii mai calde.

Înainte de a se schimba valoarea termică a bujiilor este necesar să se analizeze dacă funcţionarea anormală nu se datoreşte altor cauze. Astfel între cauzele care pot duce la supraîncălzirea bujiei arătăm avans la aprinderea incorect, raport de compresie crescut datorită depunerilor de calamină, mersul cu viteză excesivă. Cauzele care duc la temperaturi scăzute ale bujiei sînt : amestec carburant prea bogat, mersul cu viteza şi sarcini reduse, scăderea gradului de compresie ca urmare a uzurii motorului.

Aprecierea temperaturii de regim a electrodului central şi izolatorului se poate face după aspectul bujiei demontate de pe motor. Este bine ca examinarea să se facă după ce autovehiculul a parcurs 20...30 km, demontînd bujia imediat după oprire (fără a mai funcţiona la mers în gol).

Exploatarea bujiilor. Dacă motorul termic are o stare tehnică bună şi bujiile corespund ca dimensiuni şi valoare termică cerinţelor motorului, folosind benzină corespunzătoare, acestea trebuie să funcţioneze timpul prescris.

Strîngerea bujiei în chiulasă trebuie făcută cu grije respectînd efortul de strîngere prescris. Pentru bujii M10 se recomandă 1,5 kgfm, pentru M14 — 3...4 kgfm şi pentru M18 — 5...7 kgfm. Înşurubarea bujiei nu trebuie făcută înclinat pentru a nu strica filetul. Strîngerea exagerată poate duce la distrugerea filetului carcasei, deformarea corpului metalic sau spargerea izolatorului bujici. Strîngerea prea slabă nu asigură etanşeitatea necesară între bujie şi chiulasă şi nici buna funcţionare a bujici, care se poate pierde. La fixarea bujiei nu trebuie să se uite montarea garniturei de etanşare.

Reglarea distanţei între electrozi se recomandă a se face odată cu verificarea periodică la 6 000...10 000 km pentru motoarele în patru timpi şi la 3 000...6 000 km pentru motoarele în doi timpi. Nereglarea la timp poate duce o dată cu creşterea distanţei între electrozii la suprasolicitări ale bobinei de aprindere şi a bujiilor. Se recomandă ca pe măsură ce bujiile se uzează, distanţa dintre electrozi să se menţină la valoarea prescrisă, sau chiar să scadă puţin (cu 0,1...0,2 mm). Dacă această distanţă este mărită datorită uzurii se apropie electrodul exterior de electrodul central, nu se acţionează asupra electrodului central pentru a evita o spargere posibilă a izolatorului.

Verificarea bujiilor trebuie făcută şi cînd se remarcă neregularităţi ale aprinderii spre exemplu rateuri la unul sau mai mulţi cilindri. O dată cu demontarea bujiei se verifică starea acesteia şi dacă este ancrasată se face curăţirea ei.

Ancrasarea bujiilor constă în murdărirea acestora cu o zgură uleioasă formată dintr-un amestec umed de ulei şi praf de cărbune (funingine), rezultat din arderea incompletă a amestecului carburant bogat. Amestecul este bun conducător de electricitate cu atît mai mult cu cît uleiul pătruns în camera de ardere a motorului conţine particule metalice fine rezultate din uzura pieselor motorului. Bujiile se pot murdări şi cu depuneri de funingine uscate (calamină cenuşie). În cazul utilizării benzinei etilate se pot produce depuneri de compuşi ai plumbului de culoare cenuşie gălbuie sau brună.

Dacă partea inferioară a bujiei este acoperită cu calamină uleioasă, atunci în general defectul se datoreşte excesului de ulei în camera de ardere sau mai rar datorită valorii termice prea mari a bujiei. Dacă bujia este acoperită cu calamină uscată, înseamnă că valoarea termică a bujiei este prea mare sau există defecte de reglaj ale motorului. Dacă bujia este supra-

încălzită electrozii prezentînd urme de arsuri, atunci valoarea termică a bujiei este prea mică sau există reglaje necorespunzătoare ale motorului. De obicei cauzele sînt combinate. De cele mai multe ori ancrasarea exagerată a bujiilor în cazul în care valoarea termică a fost bine aleasă, se produce din cauza unor condiţii anormale de exploatare (mersul cu clapeta de aer închisă, mersul cu viteza prea mică, amestec carburat prea bogat) sau din cauza unor uzuri exagerate (care permit pătrunderea uleiului în camera de ardere).

Curăţirea bujiilor se recomandă a se face cu ajutorul unui aparat de sablaj cu nisip fin. Se obişnuieşte uneori să se cureţe electrozii cu o perie metalică îmbinată în benzină, ceea ce este mai puţin recomandabil.

Înlocuirea bujiilor se face după ce în prealabil s-a stabilit bujia defectă. Pentru aceasta se verifică prin atingere cu mîna temperatura izolatorului bujiei imediat după oprirea motorului, bujia defectă are izolatorul mai rece. O altă metodă constă în punerea la masă pe rînd a electrozilor bujiilor în timp ce motorul funcţionează la mers în gol.

La scurtcircuitarea unei bujii bune motorul îşi încetineşte mersul. Punerea la masă se face cu o şurubelniţă cu mîner izolant atingînd întîi chiulasa motorului şi apoi electrodul bujiei pentru a evita electrocutarea.

12. SISTEMUL DE ILUMINAT ŞI SEMNALIZARE OPTICĂ

12.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Sistemul de iluminat şi semnalizarea optică reprezintă o parte importantă din echipamentul electric al autovehiculului, fiind destinat să-i asigure securitatea şi comoditatea circulaţiei pe timp de noapte, sau în cazuri de vizibilitate redusă. Din aceste motive, buna funcţionare a acestuia, constituie o condiţie absolut necesară, pentru a conferi autovehiculului siguranţa ce este cerută în circulaţie.

Sistemul de iluminat şi semnalizare optică al unui autovehicul, cuprinde totalitatea surselor luminoase cu care acesta este echipat. Din punct de vedere al modului în care acestea sînt amplasate distingem :

— surse pentru iluminatul exterior şi semnalizarea optică ale autovehiculului ;

— surse pentru iluminatul interior al autovehiculului ;

— surse pentru iluminatul auxiliar.

Echipamentul pentru iluminatul exterior şi semnalizare optică cuprinde totalitatea corpurilor de iluminat care se găsesc montate pe partea exterioară a caroseriei maşinii. De obicei acestea sînt următoarele :

— farurile de mers şi de încrucişare ;

— farurile de oraş ;

— lămpile stop ;

— lămpile de semnalizare faţă spate ;

— lampa număr ;

— lămpile de gabarit.

Corpurile de iluminat, enumerate mai sus, sînt absolut obligatorii caracteristicile acestora făcînd obiectul recomandărilor internaţionale sau legislaţiilor de circulaţie din diverse ţări.

În afară de acestea se mai utilizează pentru iluminatul exterior şi corpuri de iluminat care, deşi nu sînt obligatorii, îşi au utilitatea lor bine determinată, mărind gradul de siguranţă în conducerea autovehiculului. Acestea sînt :

— farurile de ceaţă ;

— farul (proectorul) de căutare ;

— lampa de semnalizare pentru mers înapoi.

Iluminatul interior cuprinde totalitatea surselor luminoase plasate în interiorul caroseriei autovehiculului şi se compun în principal din următoarele :

— lămpile plafonieră ;
— veiozele de scaun ;
— lămpile pentru iluminarea bordului.

Iluminatul interior nu este condiţionat de norme sau reguli fixe. El este în general condiţionat de gradul de confort şi siguranţă, care se doreşte pentru autovehicul, precum şi de considerente de preţ de cost al acestuia.

Iluminatul auxiliar al autovehiculului totalizează toate celelalte corpuri de iluminat sau orice alt gen de surse luminoase montate pe autovehicul. Acest sistem nu are o utilizare permanentă, servind numai în anumite ocazii. El se compune în general din următoarele

— lampa portativă ;
— lampa sub capotă ;
— lampa portbagaj.

Corpurile de iluminat şi sursele de lumină ale sistemului de iluminat, în special cele care compun iluminatul exterior, au o serie de caracteristici de funcţionare, reglementate prin norme sau legi. Pentru stabilirea acestor caracteristici este necesară reamintirea cîtorva elemente de fotometrie şi optică geometrică pe care le vom reda pe scurt în cele ce urmează.

12.2. PRINCIPALELE CARACTERISTICI ALE SURSELOR DE ILUMINAT

Ochiul omului este sensibil la radiaţii electromagnetice cu lungimi de undă cuprinse între 0,38 μm şi 0,78 μm, corespunzînd culorilor violet respectiv roşu.

Una dintre caracteristicile surselor de iluminat este *eficacitatea luminoasă* K (λ), care depinde de lungimea de undă a radiaţiei în modul următor : este nulă pentru limitele intervalului de sensibilitate a ochiului $\lambda = 0,38$ μm, respectiv $\lambda = 0,78$ μm ; are valoarea maximă $\lambda = 0,555$ μm. (lumină galben-verde), unde ochiul prezintă sensibilitatea maximă.

În fig. 12.1 este reprezentată funcţia de sensibilitate spectrală relativă a ochiului. Curba *1* cuprinde domeniul vizibilităţii diurne, iar curba *2* cel al vizibilităţii crepusculare. Rezultă din această curbă că, spre extremităţile spectrului (roşu respectiv violet), vizibilitatea ochiului scade sensibil. Astfel, pentru un acelaşi efect de vizibilitate, razele roşii cu lungime de undă ($\lambda = 0,650$ μm) trebuie să aibă o intensitate a sursei de lumină de circa 10 ori mai mare decît a razelor galben-verzi ($\lambda = 0,555$ μm).

Unele corpuri de iluminat au în dotarea lor şi oglinzi pentru reflectarea fasciculului luminos în direcţia dorită. La aceste oglinzi natura ma-

terialului, calitatea suprafeței, precum și forma sa geometrică determină calitatea fasciculului de lumină reflectat.

Materialele care au capacitatea cea mai bună de reflexie sînt metalele albe (Ag; Al; Cr; Ni) datorită calității întrunite de care se bucură corpul alb și luciul specific suprafeței metalelor. În fig. 12.2 este reprezentat coeficientul de reflexie a cîtorva materiale și anume :

— argint suflat sau depus pe sulfură de argint;

— aluminiu metalizat prin evaporare sub vid;

— nichel depus electrolitic;

— crom depus electrolitic.

Forma geometrică a acestor oglinzi determină directivitatea și distribuția fasciculului reflectat. Ele pot fi : plane; sferice; elipsoidale; parabolice. Oglinzile cu diferite geometrii, se folosesc în tehnica iluminatului auto ca reflectoare ale corpurilor de iluminat.

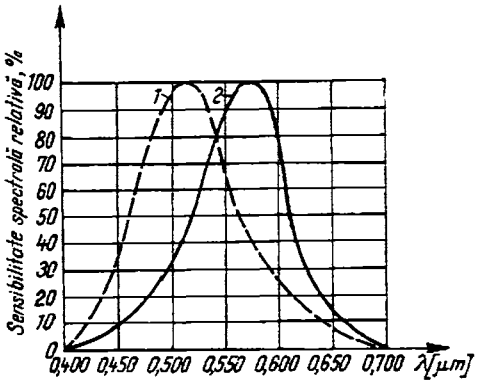


Fig. 12.1

Oglinzile plane în afară de utilizarea lor ca retrovizoare, se întrebuințează uneori și la corpurile de iluminat cu lumină difuză.

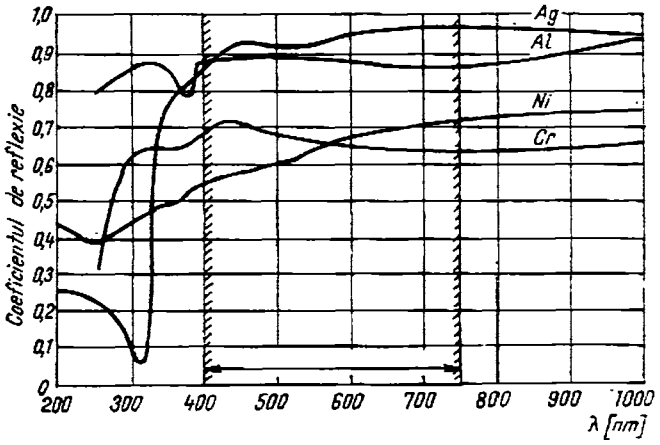


Fig. 12.2

Oglinzile sferice și elipsoidale, sînt mai puțin utilizate în tehnica iluminatului auto și din acest motiv, nu vom insista asupra lor.

Oglinzile parabolice sînt cele mai utilizate în tehnica iluminatului auto, ele se folosesc pentru construirea reflectoarelor şi principalelor corpuri de iluminat ale automobilelor. Suprafaţa unei astfel de oglinzi este dată de un paraboloid de revoluţie. O secţiune longitudinală prin reflector după un plan care cuprinde axa de rotaţie (de simetrie) a acestuia, dă o parabolă a cărei ecuaţie analitică este

$$y = \sqrt{2px}, \quad \text{sau} \quad x = \frac{y^2}{2p}$$

unde axele de coordonate sînt cele din fig. 12.3.

Proprietatea oglinzii parabolice este aceea de a reflecta razele luminoase paralel cu axa de simetrie, în cazul în care sursa luminoasă este amplasată în focarul parabolei. În mod teoretic razele luminoase, în cazul oglinzii parabolice, sînt reflectate la infinit. În realitate, distanţa de reflexie a acestora, pentru un mediu dat, este limitată de intensitatea sursei luminoase şi de dimensiunile geometrice ale reflectorului. Distanţa la care sînt proiectate prin reflexie razele, constituie o caracteristică a reflectorului parabolic. Această distanţă, o vom numi distanţă de proiecţie şi o vom nota cu R [m]. Relaţia care dă această caracteristică este

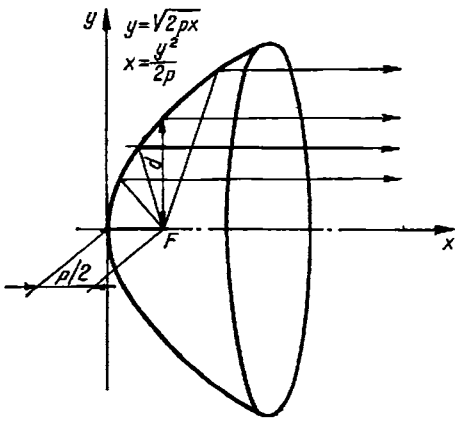


Fig. 12.3

$$R = \sqrt{\frac{\pi}{4} B (D - D_j)} \text{ [m]},$$

unde

$$B = \frac{\Phi}{\pi^2 d^2}$$

este strălucirea sursei de lumină exprimată, în sb, Φ — fluxul luminos, în lm; d — diametrul corpului incandescent al sursei de lumină; D_A — — diametrul maxim al reflectorului, în cm; D_j — diametrul găurii de trecere, practicată în corpul reflectorului, pentru trecerea duliei becului, măsurat tot în cm. Pentru o lampă de putere de 35 W avînd; $\Phi = 700$

lumeni; $d = 3$ mm, caracteristica R, a reflectoarelor cu diferite diametre D_A este

$D_A = 100$ mm $\quad R = 70{,}5$ m;
$D_A = 130$ mm $\quad R = 100$ m;
$D_A = 160$ mm $\quad R = 123$ m;
$D_A = 170$ mm $\quad R = 130$ m;
$D_A = 200$ mm $\quad R = 152$ m.

În cazul utilizării a două reflectoare (la două faruri) aceste valori se multiplică cu 1,4.

În afară de distanța de proiecție, o altă însușire a oglinzilor parabolice este aceea a distribuirii razelor reflectate. Această caracteristică este determinată de distanța focală a oglinzii. Două oglinzi pot să aibă aceeași valoare privind distanța de proiecție, dar să aibă distribuții diferite. Astfel oglinzile parabolice cu distanța focală mică, prezintă un fascicol mai concentrat decît cele cu distanță focală mai mare. În vederea obținerii unei distribuții satisfăcătoare, s-a căutat relația, care dă distanță focală optimă, în funcție de celelalte elemente geometrice ale reflectorului parabolic (D_A și D_j). Această relație este

$$\frac{p}{2} = \frac{\sqrt{D_A \cdot D_j}}{4}.$$

În general, în practică, dat fiind și dificultățile întîmpinate cu tragerile adînci necesare la execuția oglinzilor parabolice, se adoptă o distanță focală ceva mai mare decît cea optimă, urmărindu-se o soluție de compromis între valoarea reeșită din necesitățile teoretice și ceea ce mijloacele tehnice pot realiza în producția de mare serie a farurilor de automobil.

Lumina albă este lumina care asigură o vizibilitate bună și sigură, fiind cea mai apropiată de lumina zilei.

În anumite cazuri se utilizează și razele de lumină monocromatică. Spre exemplu, farurile de ceață, emit raze luminoase de culoare galbenă.

De eficacitate mare pentru ceață sînt farurile cu radiații infraroșii. Acestea însă, nu se folosesc decît pentru autovehicule speciale deoarece necesită puteri mari care impun ca puterile instalate prevăzute în schemă să fie mai mari decît cele normal utilizate. În afară de aceasta, farurile cu infraroșii datorită faptului că sînt prevăzute cu dispozitive speciale pentru concentrarea electronilor, lucru care face ca radiațiile lor să devină vizibile, au un preț de cost prea ridicat în raport cu avantajele pe care le aduc, utilizarea lor fiind astfel nejustificată din punct de vedere economic.

Radiațiile ultraviolete pot fi utilizate în special în locurile unde este necesară o iluminare uniformă, de exemplu iluminarea aparatelor tabloului de bord. Datorită însă faptului că și aceste surse de lumină necesită generatoarele de energie, de tensiune și putere mai ridicată decît cele utilizate obișnuit în schema autovehiculelor, utilizarea lor este mult limitată în practică.

În afară de radiaţiile monocromatice indicate mai sus, se mai utilizează lumina roşie şi portocalie pentru marcarea semnalelor de frînare a autovehiculului, precum şi pentru semnalizarea schimbării de mers a acestuia.

Lungimile de undă care determină nuanţa luminii monocromatice sînt normalizate şi se aleg astfel, încît să nu prezinte stridenţe supărătoare şi în acelaşi timp să fie suficient de nete pentru a nu produce confuzii.

Caracteristicile de distribuţie a intensităţii surselor luminoase. În cazul unei surse luminoase care nu prezintă în spaţiu o distribuţie uniformă a fluxului luminos, ceea ce o caracterizează este curba intensităţii luminoase. Aceasta poate fi reprezentată practic prin urma lăsată de fascicul pe un plan oarecare, care secţionează longitudinal conul de lumină. Grafic, această curbă se obţine ducîndu-se în centrul sursei nişte segmente, potrivit unor orientări date şi care au o lungime proporţională cu intensitatea luminoasă a sursei după direcţia respectivă. Extremităţile acestor segmente se găsesc pe curba caracteristică a intensităţii sursei de lumină. Curba este specifică unui anumit plan, care intersectează conul de lumină (plan meridian). Pentru reprezentări grafice convine în general reprezentarea în coordonate polare (fig. 12.4, *a*). Repartiţia spaţială, se obţine rotind planul median al sursei în jurul axei sale.

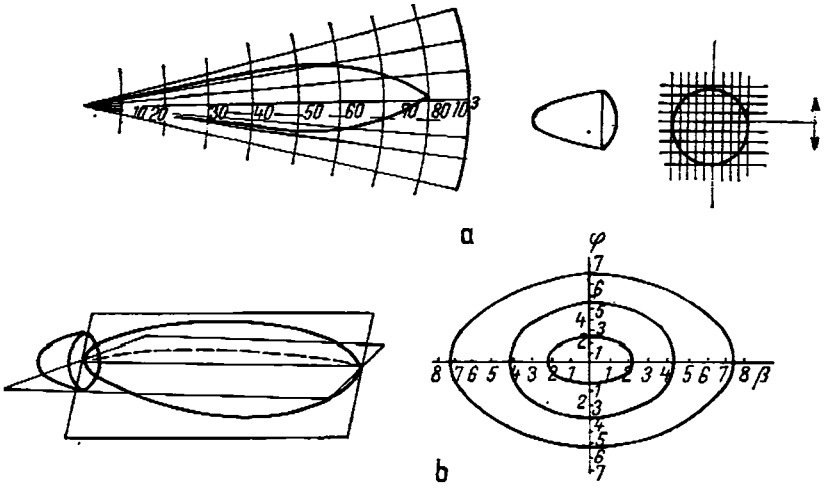


Fig. 12.4

O altă caracteristică a corpurilor luminoase este aceea a repartizării luminii pe un plan transversal perpendicular pe conul de lumină al fasciculului radiant. Pe acest plan se trasează curbe de egală iluminare (curbe izolux). Fig. 12.4, *b* prezintă o astfel de distribuţie a curbelor izolux, unde cifrele de pe axele de coordonate reprezintă devierile în grade faţă de proiecţia centrului sursei în planul respectiv.

12.3. SURSE PRIMARE DE ILUMINAT UTILIZATE ÎN TEHNICA AUTO

Întrucît întregul corp luminos poate fi considerat ca o sursă de iluminat vom utiliza noțiunea de sursă primară pentru elementele din corpurile luminoase, care au proprietatea de a transforma energia electrică în energie luminoasă.

În general aceste surse primare sînt constituite din lămpi cu incandescență (becuri). Se întrebuințează în anumite cazuri și lămpi (tuburi) fluorescente. Acestea din urmă sînt totuși mai puțin utilizate în tehnica auto, întrucît necesită tensiuni alternative de valoare relativ mare.

După cum este cunoscut lămpile cu incandescență sînt formate din filamentul incandescent cu electrozii suport încorporați în izolatorul de sticlă; balonul care închide sistemul incandescent și soclul lămpii.

Filamentul este partea activă a lămpii cu incandescență și de dimensionarea lui depind caracteristicile funcționale ale acesteia :

— tensiunea de utilizare, în V;
— puterea, în W;
— fluxul luminos, în lm.

Este de remarcat, că fluxul luminos dat de o lampă cu incandescență depinde atît de puterea ei cît și de calitatea materialului utilizat, din punct de vedere al temperaturii maxime T_s la care acesta rezistă. Mai jos sînt indicate aceste temperaturi pentru cîteva materiale, iar ordinea în care sînt date reprezintă și evoluția în timp a utilizării acestora :

— Osmium $T_s = 2500°C$;
— Tantal $T_s = 2800°C$;
— Wolfram $T_s = 3370°C$.

Caracteristicile luminoase ale lămpii determinate inițial pentru puterea nominală și tensiunea nominală depind și în continuare de tensiunea de lucru. Iar durata de funcționare (durata de viață) depinde necondiționat de tensiunea de alimentare.

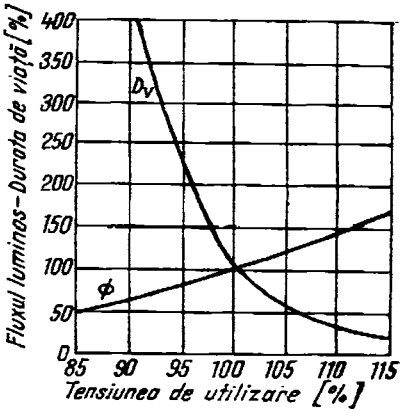


Fig. 12.5

În diagrama din fig. 12.5 este reprezentată dependența duratei de funcționare D_v și a fluxului luminos Φ în funcție de variația tensiunii de alimentare. Se observă că o creștere de 10 % a tensiunii de alimentare, produce o creștere cu circa 50 % a fluxului luminos, dar în același timp durata de viață a lămpii cu incandescență se reduce la circa 27 %. Aceasta înseamnă că un bec cu o durată de viață de 100 h în acest caz și-o reduce la 27 h.

Lămpile cu incandescenţă se mai caracterizează şi prin aşa-numita *eficacitate luminoasă* definită de raportul

$$k = \frac{\Phi}{N} \text{ [lm/W]}.$$

Acest coeficient calitativ, care exprimă legătura dintre puterea absorbită de lampă şi luminozitatea dată de aceasta, este în principal determinat de următorii factori :

— calitatea şi forma filamentului ;

— mediul din interiorul balonului lămpii (vid sau natura gazului).

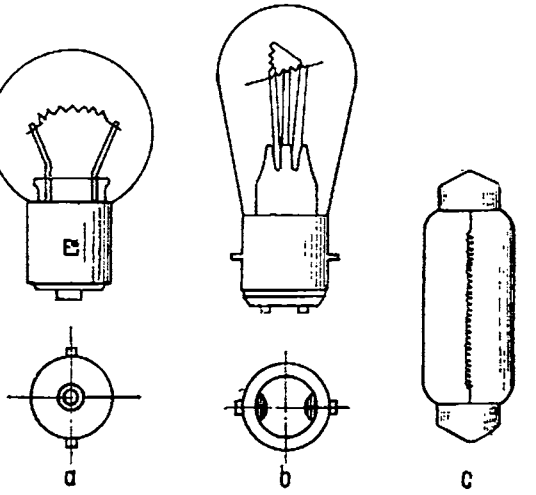


Fig. 12.6

Din punct de vedere al construcţiei filamentului în tehnica iluminatului auto distingem două tipuri de lămpi :

— lămpi cu filament simplu (normale) (fig. 12.6, *a*) ;

— lămpi cu două filamente (bilux sau duplo) (12.6, *b*).

Acestea din urmă se utilizează la echiparea farurilor de mers, avînd caracteristic faptul, că un filament este destinat iluminatului la distanţă, iar celălalt la iluminatul în apropiere, care se foloseşte în momentul întîlnirii a două autovehicule, ce vin din sensuri contrare. Pentru aceasta, atît din punct de vedere a dimensionării lor, cît şi din punct de vedere al poziţionării lor în spaţiu, aceste două filamente sînt diferite. Aceste lămpi bilux, sînt, în majoritatea cazurilor, prevăzute cu un mic corp reflector care rabate razele de lumină ale filamentului de apropiere, astfel încît

fascicolul emis de far să aibă direcţia şi concentrarea dorită. Asupra acestor probleme vom mai reveni în cele ce urmează atunci cînd vom vorbi despre faruri.

Balonul lămpii cu incandescenţă are rolul de a închide ermetic elementul activ al becului. Acest element auxiliar este de mare importanţă, deoarece calitatea execuţiei lui influenţează în mare măsură calităţile fotometrice şi de durată ale lămpii în ansamblu. După forma balonului, lămpile cu incandescenţă utilizate în tehnica iluminatului auto se pot clasifica în :

— lămpi cu balon sub formă de bulb (cireaşă) (v. fig. 12.6, *a* şi *b*) ;
— lămpi cu balon de formă tubulară (fig. 12.6, *c*).

Important este faptul că, balonul de sticlă închide un spaţiu, în care s-a făcut vid şi s-au introdus anumite gaze rarefiate (azot, argon, krypton) etc.

Filamentul se vaporizează ca urmare a faptului că acesta este adus la incandescenţă. Vaporii de metal se depun pe pereţii balonului producînd metalizarea acestuia. Vaporizarea este cu atît mai intensă, cu cît temperatura filamentului este mai ridicată. Dar în acelaşi timp, constructorul de lămpi este tentat a mări temperatura de funcţionare a filamentului, deoarece în felul acesta creşte considerabil puterea radiantă R a acestuia care potrivit relaţiei :

$$R = ST_s^4,$$

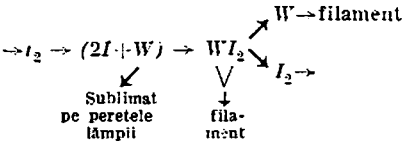
în care S este suprafaţa de radiaţie a filamentului, creşte cu puterea a patra a temperaturii de lucru a filamentului. Problema care se pune este aceea, de a găsi metoda prin care se poate întîrzia sau a împiedica sublimarea filementului pe măsură ce se ridică temperatura acestuia. Vaporizarea filementului poate fi considerabil redusă, dacă în balonul lămpii cu incandescenţă, se introduc diverse gaze. Prezenţa acestor gaze în balonul de sticlă permite ridicarea tensiunii efective de lucru a lămpii şi creşterea puterii şi a eficacităţii luminoase a acesteia. Mai jos se dau valorile randamentului luminos pentru lămpi utilizînd diferite gaze :

— vid 8 lm/W ;
— azot 12 lm/W ;
— Argon 16 lm/W ;
— Krypton 20 lm/W.

Ca o particularitate constructivă a baloanelor, citäm becurile Duplex cu balon din sticlă striată, fabricată de firma Philips. Acestea au proprietatea de a oferi în special la distanţe mari, un contrast mai bun decît lămpile normale.

O realizare tehnică relativ nouă este lampa cu incandescenţă utilizînd vaporii unui halogen, în speţă iodul, care convine cel mai mult şi din punct de vedere al spectrului luminos rezultat din filtrarea luminii prin gazul

respectiv. În lampa cu iod se produce un ciclu de autoregenerare a filamentului (fig. 12.7, *a*) după schema de mai jos :



În contact cu filamentul adus la o temperatură foarte mare, molecula de iod I_2 se descompune în iod atomic ($2I$). Iodul atomic difuzează în balonul lămpii venind în contact cu Wolframul sublimat pe peretele acestuia,

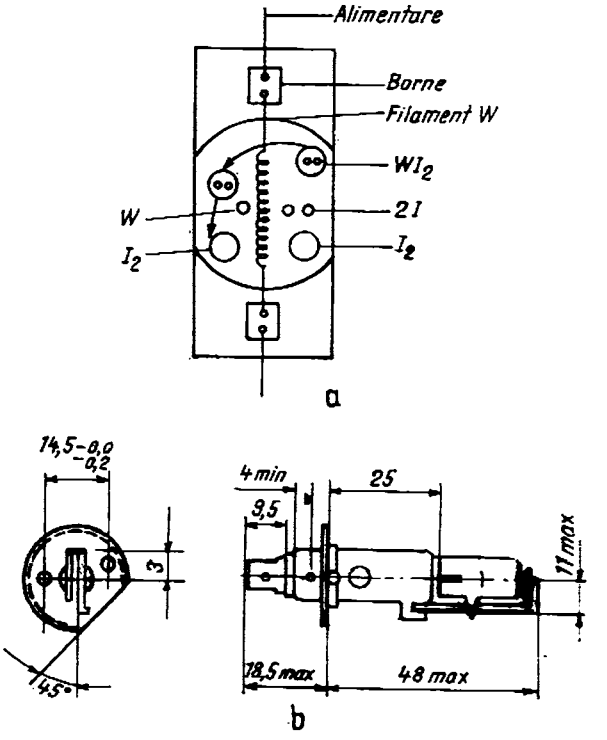


Fig. 12.7

formează iodura de Wolfram (WI_2). Acest component fiind instabil, în contact cu filamentul incandescent se descompune din nou ; wolframul revenind pe filament, iar iodul fiind pus în libertate sub formă moleculară. În felul acesta filamentul acestei lămpi, poate fi în același timp adus

mult deasupra temperaturii obișnuite pentru filamentul lămpii normale. Aceasta a determinat pe constructor să utilizeze un alt material, în locul sticlei, normal întrebuințate și anume cuarțul transparent. Tot din același motiv (temperatura ridicată a filamentului), lampa cu iod are un volum mult mai mic decît lămpile obișnuite. Avantajele lămpii cu iod sînt următoarele :

— durata de viață dublă în raport cu lampa normală ;

— strălucirea dublă în raport cu lampa normală ;

— eficacitatea luminoasă k = 24 lm/W ;

— avînd un volum mult mai mic în raport cu lampa normală, elementele ei active pot fi mult mai bine centrate în raport cu elementele de montaj în far.

Încercările practice au demonstrat că farurile echipate cu lămpi cu iod au o eficacitate, care face ca un reper negru să apară vizibil la distanța de aproximativ 1 km. În modul acesta se poate circula noaptea fără oboseală și cu aceeași siguranță ca și ziua. În fig. 12.7, *b* sînt indicate principalele dimensiuni ale unei lămpi cu iod.

Soclurile lămpilor auto sînt elemente de legătură care asigură atît montajul mecanic, cît și conectarea elementelor active ale lămpii cu corpul de iluminat. Ele au o mare importanță în construcția lămpii, deoarece pe lîngă cele arătate asigură și poziționarea corectă a lămpii în raport cu elementele optico-geometrice ale corpului de iluminat, determinînd astfel funcționarea corectă din punct de vedere fotometric a acestuia.

Balonul este rigidizat de soclu, prin intermediul unui lac special care o dată cu calitățile mecanice, elasticitate etc., trebuie să prezinte o bună stabilitate la variații importante de temperatură.

În general toate soclurile becurilor auto cu excepția celor tubulare sînt cu fixare în sistem baionetă, sistem care permite o fixare elastică și totodată sigură la solicitări la vibrație.

Din punct de vedere al dispunerii ergourilor de reținere ale soclului, se cunosc următoarele socluri baionetă :

— tipul francez — cu trei ergouri asimetrice ;

— tipul Bosch — cu trei ergouri simetrice de mărimi diferite ;

— tipul american — cu trei ergouri simetrice.

Pentru a nu se face o greșeală de montaj în cazul becurilor bilux cu soclu de tip american, acestea au marcate pe ele indicația de poziție *sus* sau *jos*.

Contactele becurilor sînt scoase unul la centru (izolat) și altul la soclu (contactul masă). Lămpile bilux au două rînduri de contacte izolate.

Din punct de vedere al ghidajului în corpul farului, soclurile sînt de două feluri :

— cilindrice cu ghidaj pe suprafața laterală, fig. 12.8, *a* ;

— cilindrice cu ghidaj pe fața frontală (flanșă) fig. 12.8, *b*. Acest ultim sistem de ghidaj este mult mai convenabil, deoarece asigură o cen-

trare mult mai bună a becului în corpul farului. El are totodată şi avantajul posibilităţii montării lor în faruri „Sealed-beam" de tip „Guide"

Din punct de vedere al modului în care se realizează contactul plotului central în dublia farului, distingem următoarele două tipuri

— tipul de contact proeminent, care se realizează în dulie pe un contact cu arc;

— tipul de contact cu langhetă, care se realizează cu prize, prevăzute cu fişe speciale AMP. Acest din urmă sistem, se utilizează în special pentru lămpile cu socluri cu aşezare frontală (cu flanşă).

Soclurile lămpilor tub sînt prevăzute (fig. 12.9), cu două dulii la ambele capete, care se poziţionează în corpul luminos pe un sistem de contacte (sistem sofit).

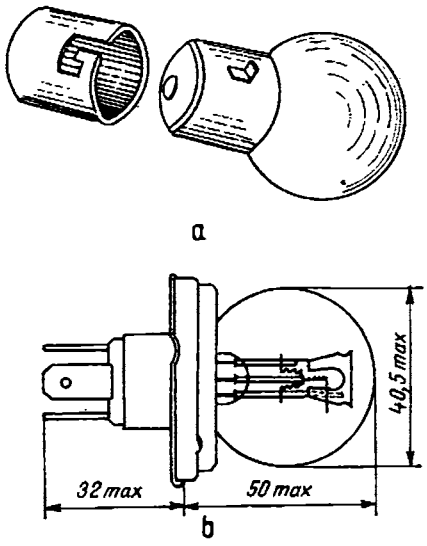


Fig. 12.8

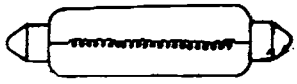


Fig. 12.9

12.4. FARURI

Farurile sînt corpuri de iluminat importante, care asigură vizibilitatea de circulaţie a autovehiculelor în timpul nopţii.

O cerinţă importantă a farurilor este aceea de a lumina drumul în mod uniform, pe o lungime şi lărgime convenabilă, astfel încît conducătorul autovehiculului să poată manevra din timp, în toate circumstanţele care se pot ivi pe traseu. La circulaţie cu viteză mare în special iluminatul trebuie să aibă o rază de vizibilitate cît mai mare. Urma petei luminoase pe şosea trebuie să fie netă, cu o distribuţie cît mai uniformă, dar în acelaşi timp, conturul nu trebuie să fie prea marcat, deoarece acest lucru oboseşte ochiul conducătorului auto. Totuşi din punct de vedere al distribuţiei radiaţiilor luminoase se impun anumite restricţii, care sînt menite să împiedice orbirea conducătorului auto care circulă pe şosea din sens opus.

Datorită faptului că sensibilitatea ochiului omenesc este diferită în situaţia de semiobscuritate, faţă de situaţia de plină luminozitate (fig. 12.1) trecerea de la o situaţie la alta, produce fenomenul de orbire, prin faptul că

ochiul are nevoie de un anumit timp pentru adaptarea lui la noua situaţie.

Orbirea depinde de particularităţile fiziologice ale organului vizual al fiecărui individ în parte. Gradul de orbire depinde de intensitatea sursei de lumină, de unghiul de orbire format de linia de legătură între observator, sursa de lumină şi linia de vedere precum şi de raportul între intensitatea de lumină a sursei şi cea a obiectelor înconjurătoare. În fig. 12.10 se poate vedea situaţia a două autovehicule, care se încrucişează ; β este unghiul de orbire, orbirea fiind definită ca diferenţa de iluminări produsă de cele două surse asupra unui reper T. Deci

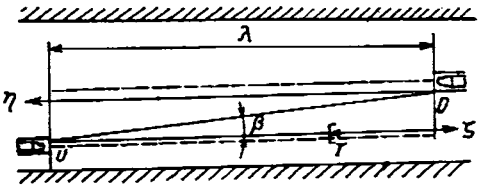


Fig. 12.10

$$A = E - E_0 = f(\beta)$$

unde : A reprezintă gradul de orbire ;

E şi E_0 — iluminările produse de autovehiculul care vine din sens invers, respectiv autovehiculul care merge în sens direct.

Relaţia $A = f(\beta)$ se determină experimental, analizîndu-se cazurile unui număr mare de indivizi, din care se ia media, precum şi cazul a două autovehicule identice (de aceeaşi fabricaţie). În general s-au stabilit următoarele concluzii :

— orbirea este aproximativ proporţională cu intensitatea de lumină a sursei în direcţia observatorului ;

— orbirea este cu atît mai mică, cu cît este mai mare unghiul de orbire ; rezultă de aici, că niciodată nu trebuie privită direct sursa de orbire ;

— sensibilitatea faţă de orbire este atenuată dacă ochiul este adaptat la intensităţi de lumină mare ;

— o bună iluminare a drumului micşorează fenomenul de orbire.

Măsuri constructive tehnice pentru reducerea orbirii. Iluminatul utilizînd două faze de iluminare : faza lungă (de drum) respectiv faza scurtă la încrucişarea cu un alt vehicul, denumită şi *cod* sau *lumină de încrucişare*. Faza scurtă este obţinută prin rabaterea luminii în jos. Acest lucru se obţine prin (fig. 12.11) :

— amplasarea filamentului cod al lămpii bilux în afara focarului parabolei reflectorului ;

— amplasarea unui reflector sub filamentul cod care are rolul de a dirija fasciculul de raze al acestuia, pe o porţiune convenabilă a suprafeţei paraboloidului, astfel încît lumina proiectată, să capete direcţia voită.

O dată cu mărirea vitezei de circulaţie a autovehiculelor, s-a simţit necesitatea iluminării unei porţiuni cît mai lungi de drum şi cu o intensitate uniformă. În această privinţă studiile au dus la două soluţii constructive, care au dat două tipuri de iluminat de apropiere şi anume

— iluminatul asimetric, de tip european ;

— iluminatul cu fascicul concentrat, de tip american.

Iluminatul asimetric de tip european. Aceasta constă în faptul că partea dreaptă a şoselei este luminată mai în profunzime decît cea stîngă,

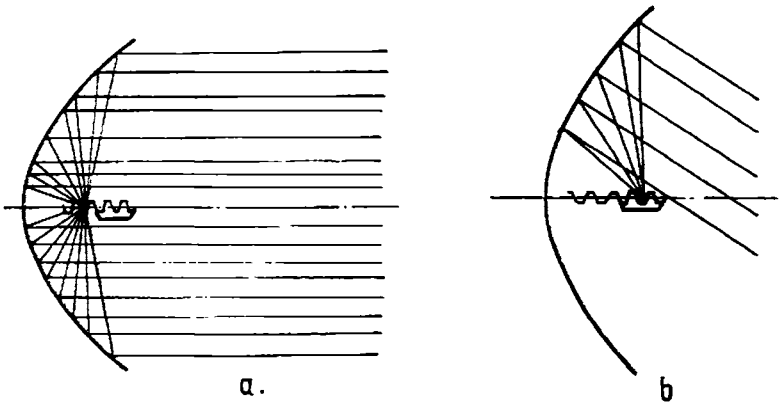


Fig. 12.11

ceea ce se realizează prin dirijarea fasciculului mai sus spre dreapta, decît spre stînga. Pentru a se ajunge la acest rezultat, se introduc următoarele modificări construcţiei clasice a farului :

— reflectorul filamentului de fază scurtă care în mod normal se poziţionează dedesubtul filamentului, este rotit cu 90° spre dreapta

— dispersorul farului se studiază şi se construieşte astfel, încît să producă concentrarea şi distribuţia dorită.

Iluminatul cu fascicul concentrat de tip american. La aceasta fasciculul fazei scurte, fiind de aceeaşi intensitate luminoasă cu cel al fazei lungi, este concentrat şi dirijat în jos. În modul acesta se reduce considerabil orbirea şi prin faptul că, la schimbarea fazelor intensitatea luminoasă nu se schimbă. În schimb, prin scurtarea porţiunii luminate a drumului, conducătorul auto este întrucîtva jenat în cazul că circulă cu viteze mari. Sistemul este însă eficace în cazul circulaţiei pe timp cu ceaţă. Pentru rezolvarea acestei probleme construcţia farului are următoarele particularităţi :

— filamentul fazei scurte este poziţionat deasupra focarului şi puţin spre stînga ;

— dispersorul este astfel conceput şi construit încît să producă concentrarea şi distribuţia voită.

12.4.1. CONSTRUCȚIA ȘI CLASIFICAREA FARURILOR

Farurile au următoarele elemente constructive: dulia lămpii cu incandescență; reflectorul; dispersorul; rama; carcasa.

Dulia este specifică soclului baionetă al lămpii, variind în funcție de tipurile soclurilor amintite în subcap. 12.3.

La tipul de ghidaj cilindric lateral, contactul (+) al lămpii cu incandescență se face prin intermediul unui contact elastic, fie prin lanchete elastice, fie prin resort elicoidal. Acest element de contact este încorporat în dulie.

La tipul de soclu cu flanșă (ghidaj frontal) dulia este deschisă, iar conectarea bornei (+) se face prin fișe AMP singulare sau înglobate într-un steker special.

Reflectorul este un paraboloid de rotație, de obicei aluminizat prin procedeul de sublimare a aluminiului în vid. Înaintea operației de aluminizare, se execută lăcuirea reflectorului; de calitatea acestei lăcuiri depinde în foarte mare măsură calitatea suprafeței aluminizate. Ambutisarea reflectorului pune probleme tehnologice deosebit de dificile; din cauza dificultăților de a se obține o formă geometrică absolută corectă nu se poate asigura distanța focală optimă (v. sub cap. 12.1).

Dispersorul este confecționat din sticlă specială incoloră, avînd suprafața interioară profilată corespunzător, încît să se obțină distribuția și concentrarea dorită a fasciculului luminos. În acest scop, profilul suprafeței interioare este constituit dintr-o combinație de lentile și prisme, care să producă reflexia și refracția necesară, a radiațiilor emise de sursa de lumină și dirijate de către reflector.

Dispersorul și reflectorul sînt elemente principale, care determină în cea mai mare măsură caracteristicile optime ale farurilor.

În general la farurile europene, cele trei elemente optice sursa de lumină primară (becul), reflectorul și dispersorul sînt organe separate și demontabile. La farurile americane, aceste elemente constituie un tot unitar nedemontabil cunoscut sub denumirea sealed-beam (sealed = = capsulat; beam = rază luminoasă). La noi aceste faruri sînt cunoscute sub denumirea de *becfar*.

La aceste faruri, grupul filament bilux este introdus direct în spațiul închis ermetic de reflector și dispersor, în care s-a făcut vid, ori s-au introdus gaze inerte. În acest fel, sursa de lumină (lampa cu incandescență) și corpul luminos, constituie unul și același element.

Se cunosc două tipuri constructive: sistemul Westinghouse, la care reflectorul din sticlă și dispersorul formează un tot, obținut prin procedee tehnologice speciale. Filamentele sînt sudate în reflector ca la un bec obișnuit. Filamentul fazei de încrucișare este prevăzut cu ecran reflector ca la becurile bilux obișnuite. La partea posterioară a farului sînt scoase trei conexiuni cu lanchete pentru fișe arcuitoare de tip AMP cu destinația: iluminatul de distanță (de drum) (fază lungă); iluminatul de încrucișare (fază scurtă); legătura de masă.

La aceste langhete, se conectează cablurile fie prin intermediul fişelor A M P individuale, fie prin intermediul fişelor arcuitoare înglobate într-un steker special. Inconvenientul acestui sistem este acela că, în cazul în care dispersorul se sparge cele două filamente se ard imediat dacă ele sînt aprinse, scoţînd din serviciu întregul far.

S i s t e m u l G u i d e are un reflector din metal, însă cele două filamente sînt protejate de un balon din sticlă obişnuit astfel încît, iluminatul continuă să existe şi în cazul spargerii dispersorului.

Farul Sealed beam (becfarul) trebuie înlocuit complectamente dacă unul din filamente se arde. Acest tip de far a fost construit spre a se atinge următoarele scopuri, privind performanţele caracteristicilor optico-geometrice, precum şi ţinuta în exploatare :

— să fie menţinută în orice moment, poziţia corectă a filamentelor în raport cu reflectorul, fapt care asigură iluminatul maxim ;

— să se prevină oxidarea reflectorului, prin închiderea ermetică a acestuia ; în acelaşi timp acest tip de far nu necesită întreţinerea şi îngrijirea tehnică specială.

Carcasa farului. În cazul în care aceasta nu este practicată în caroseria autovehiculului (cazul farurilor îngropate), carcasa farurilor are o formă care îmbracă în mod convenabil reflectorul, ţinîndu-se totodată cont şi de arhitectura (linia generală), a autovehiculului.

Carcasele se execută în general din tablă ambutisată. Construcţia trebuie să fie suficient de robustă pentru a proteja părţile active împotriva agenţilor şi şocurilor din exterior, precum şi pentru a rezista la celelalte solicitări specifice tipului de exploatare. Cablurile sînt protejate la trecerea în carcasă, prin intermediul unui manşon (tilă) de cauciuc sau masă plastică.

Rama constituie un element de fixare şi de estetică a farului. Se execută din tablă ambutisată şi se nichelează sau se cromează

În concluzie, din punct de vedere constructiv se poate face următoarea clasificare a farurilor :

Faruri aparente. Aceste faruri sînt corpuri de iluminat de sine stătătoare, avînd o formă geometrică bine determinată şi care se încadrează în linia arhitectonică a caroseriei. Acestea au în mod obligatoriu carcasă. Ele se montează prin intermediul unui suport în exteriorul caroseriei autovehiculului. Se utilizează la autocamioane de tip mai vechi, şi în special la tractoare.

Faruri îngropate. Acestea sînt corpuri de iluminat de obicei fără carcasă şi care se încorporează în caroserie în partea frontală a aripilor, rama putînd fi la nivelul caroseriei sau aparentă. Ele se înscriu în felul acesta de la sine în linia arhitectonică a caroseriei, nederanjînd nici linia aerodinamică a acesteia. Este tipul constructiv care se impune oricărui autovehicul modern, atît din punct de vedere estetic cît şi tehnic.

Aceste două tipuri de faruri se pot prezenta, din punct de vedere al caracteristicilor şi distribuţiei optice, sub toate tipurile indicate mai sus adică :

— cu fascicul simetric de tip european ;

— cu fascicul asimetric de tip european;
— cu fascicul concentrat de tip american, avînd sursa primară de lumină încorporată în reflector (tipul Sealed beam).

Faruri duble (Dual Systeme). Farurile duble sînt de tip îngopat, montate cîte două pe o placă dreptunghiulară cu ramă sau ciubuc nichelat. Unul dintre faruri este pentru iluminatul de distanţă (faza lungă), celălalt pentru luminatul de încrucişare (faza scurtă). Unul dintre faruri, de obicei cel pentru faza scurtă este prevăzut cu dispozitiv de filtrarea luminii în galben.

Faruri dreptunghiulare. Datorită formei de paraboloid de revoluţie a reflectorului, farurile descrise mai sus au formă circulară. În ultimul timp în special la autovehiculele de mare viteză, se utilizează faruri de formă dreptunghiulară. La acestea reflectorul deşi tot parabolic în secţiune, nu mai e un paraboloid de revoluţie, ci este format din suprafeţe parabolice racordate. În afară de forma estetică mai adecvată măştilor maşinilor moderne, acest tip are posibilităţi de a oferi o distribuţie mai bună a fasciculului luminos, pretîndu-se foarte bine la iluminatul asimetric. În afară de cîştigul obţinut din studiul reflectorului şi dispersorul acestui far, oferă constructorului posibilităţi mai bune de studiu şi concepţie. Execuţia acestui tip de far prezintă dificultăţi de ordin tehnologic atît în ce priveşte tragerea reflectorului, cît şi execuţia dispersorului.

Din punct de vedere al utilizării pe autovehicule farurile pot fi clasificate după cum urmează:
— faruri pentru iluminatul de drum a căror descriere şi principii constructive au fost redate în cele de mai sus;
— faruri pentru ceaţă;
— faruri de căutare.

Farurile de ceaţă sînt corpuri de iluminat care au rolul de a asigura iluminatul pe timp de ceaţă. Datorită absorbţiei razelor luminoase de către particulele de apă care formează ceaţa, iluminatul obişnuit nu poate asigura vizibilitatea necesară circulaţiei în astfel de circumstanţe. Farurile de ceaţă au anumite particularităţi, care creează această vizibilitate pe timp de ceaţă.

Înainte de a arăta care sînt aceste particularităţi, vom aminti cîteva elemente teoretice, privind absorbţia luminii.

Absorbţia luminii în trecere printr-un mediu poate fi explicată, din punct de vedere energetic, prin faptul că unda luminoasă dă naştere unor oscilaţiil forţate ale electronilor. Pentru întreţinerea oscilaţiilor electronilor se consumă energie luminoasă, care se transformă în energie calorică. Să considerăm acum un fascicul de raze în trecere prin mediul absorbant (fig. 12.12), din care am detaşat un element dl limitat de două plane paralele. După trecerea prin dl fluxul luminos iniţial u s-a micşorat cu mărimea du astfel încît

$$du = Ku\,dl,$$

unde K este coeficientul de absorbţie a mediului, care este o funcţie de lungimea de undă a radiaţiei luminoase, dat fiind caracterul selectiv al fenome-

nului de absorbţie. În acelaşi timp el depinde şi de raza particulei de apă în suspensie; de aceea rezultă în continuare

$$\frac{du}{u} = K\,dl\;;\quad \int_{u_0}^{u}\frac{du}{u} = -K\int_{0}^{l} dl$$

sau

$$u = u_0\, e^{-Kl}.$$

În fig. 12.13 este reprezentată variaţia lui K în funcţie de lungimea de undă a razei luminoase şi de raza particulei r. Din această diagramă, se

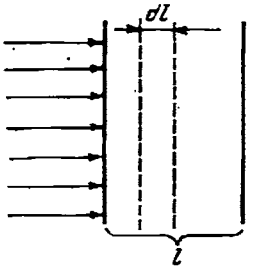


Fig. 12.12

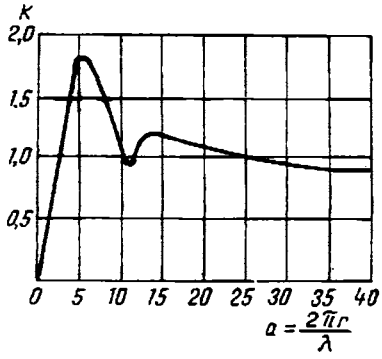


Fig. 12.13

observă că particulele mici în diametru sub 0,5 m, formează o ceaţă uşoară care practic nu reduce supărător vizibilitatea. În intervalul 5—10 μm picăturile în suspensie dau o ceaţă care reduce mult vizibilitatea. Pentru îmbunătăţirea vizibilităţii se poate acţiona asupra lui λ, este de dorit utilizarea radiaţiilor de lungime de undă cît mai mare. Din acest punct de vedere este foarte convenabilă utilizarea radiaţiilor infraroşii. După cum am arătat anterior (v. sub cap. 12.1), utilizarea farurilor cu radiaţii infraroşii este limitată din cauza costului ridicat a acestora, precum şi din necesitatea utilizării unor surse de energie supradimensionate în schema electrică a autovehiculelor.

Se observă că pentru $\lambda = 0{,}5$ μm şi $r = 5$ μm rezultă $K = 1$, ceea ce explică utilizarea razelor de lumină galbenă pentru farurile de ceaţă. Filtrarea luminii însă nu este suficientă pentru a asigura vizibilitatea pe timp de ceaţă. Farurile de ceaţă au şi alte particularităţi constructive. În fig. 12.14 se pot vedea principalele părţi constructive ale unui astfel de far şi anume: abajurul *1*, obturatorul *2*, dispersorul *3*, filtrul *4* şi lampa cu incandescenţă *5*.

În vederea concentrării fasciculului luminos pe distanţă mică (mai mică decît a fazei de încrucişare) se iau următoarele măsuri constructive :

— distanţa focală mică a reflectorului ;

— dispersor special studiat (sub formă de pană), prezentînd o îngroşare importantă în partea superioară a farului.

Spre a asigura o reflexie suplimentară a razelor, care să difuzeze lumina imediat înaintea autovehiculului, rama farului este prevăzută în partea superioară cu un abatjour special.

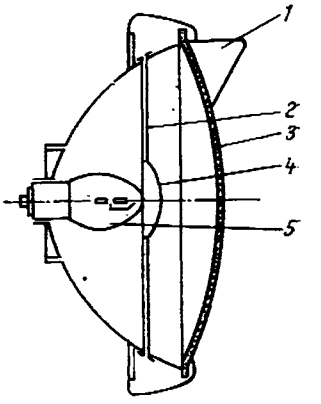


Fig. 12.14

Alte precauţiuni se iau la poziţionarea farurilor de ceaţă pe autovehicul. Astfel, distanţa de la sol trebuie să fie de maxim 0,25 m, iar distanţa de la marginea laterală a caroseriei nu trebuie să fie mai mare de 0,40, m.

Se mai utilizează echiparea farurilor de ceaţă cu becuri avînd balonul din sticlă cu cadmiu sau filtru avînd astfel de sticle etc. În general problema farurilor de ceaţă este încă în cercetare nefiind complet soluţionată.

Faruri de căutare. Acestea echipează în general autovehicule cu destinaţie specială. Construcţia este astfel executată încît să asigure un fascicul concentrat la distanţă cît mai mare. În acest scop se foloseşte un reflector de tip adînc şi un dispersor cu lentilă condensoare.

12.4.2. REGLAREA FARURILOR

Reglarea orientării fasciculului luminos se face cu ajutorul unui ecran sau unui zid, pe care sînt trasate linii orizontale şi o linie mediană verticală (fig. 12.15, *a*). Automobilul este aşezat perpendicular pe panou, la distanţa de 5 m de acesta. Fiind încărcat la sarcina normală se verifică lumina de încrucişare.

Considerăm reglajul corect în cazul în care farurile trebuie să aibă o separare, între partea luminată şi cea neluminată, la înălţimea $H - \frac{H}{10}$; pe de altă parte distanţa între centrele fasciculelor luminoase trebuie să fie împărţită simetric în raport cu linia mediană şi să aibă o valoare egală cu $B + 10$ cm.

În general, liniile orizontale sînt gradate la scara redusă în raportul 1/10 astfel încît, înălţimea măsurată la faruri să poată fi citită în mod direct pe panou. Două şuruburi de reglaj, care se găsesc în montura farului, servesc pentru reglarea acestuia. Cele două şuruburi de reglaj sînt dispuse

la 90°, astfel încît unul servește reglajului pe verticală, iar celălalt pe orizontală.

Pentru reglajul și în special pentru controlul reglajului, se poate folosi un aparat denumit regloscop, care se pune exact în fața farurilor la o dis-

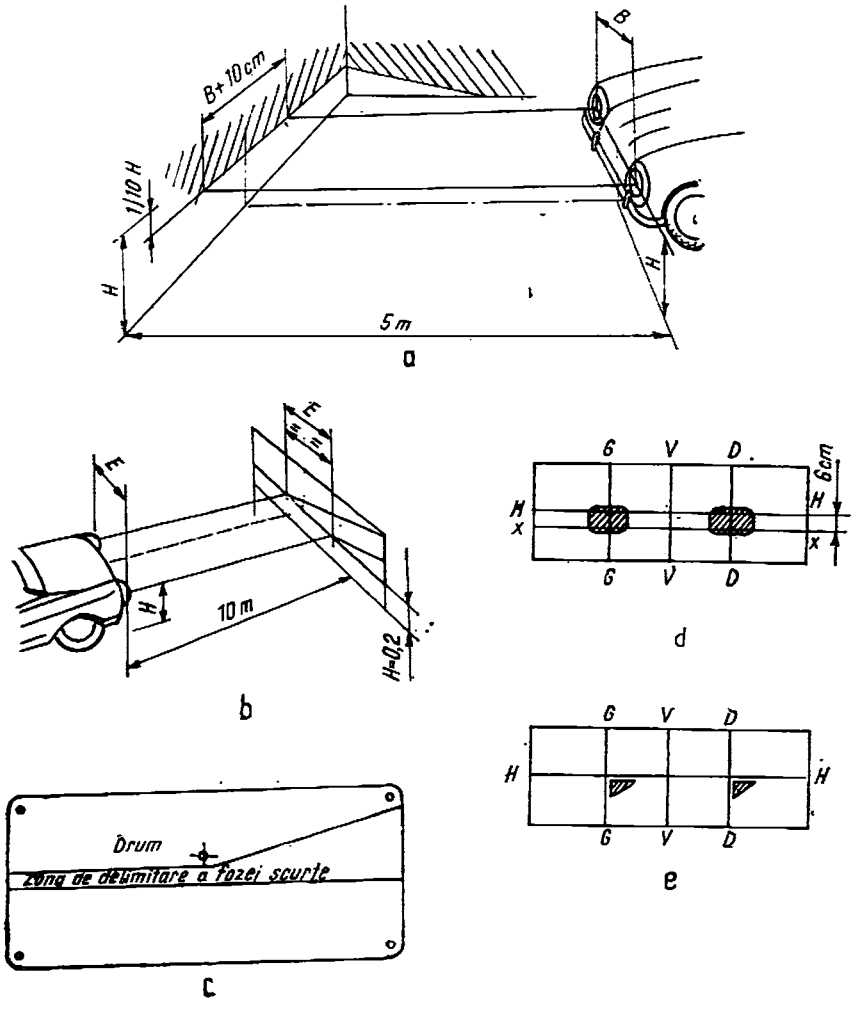


Fig. 12.15

tanță dată. În felul acesta se poate citi, punerea la punct în mod precis, pe un ecran de sticlă mată sau pe un aparat special destinat controlului intensității luminoase.

Pentru ca această reglare a farurilor, să se facă în mod corect este necesar ca pneurile automobilului să aibă presiunea dorită, iar automobilul trebuie să se găsească în poziţia perfect orizontală. În acelaşi timp automobilul trebuie să fie încărcat măcar la sarcina sa medie.

Reglarea farurilor asimetrice. Prezenţa unei plaje asimetrice presupune existenţa unor puncte de strălucire mult diferită; acest motiv implică ca reglajul să se facă cu o minuţiozitate deosebită. Se va aduce automobilul încărcat normal la distanţa de 10 m de un ecran vertical, clar, însă pe cît posibil mat (fig. 12.15, *b*). Fie H înălţimea de la sol la centrul farurilor. Pe ecran se trasează linia orizontală la cota ($H = 0{,}2$) m. Se va separa pe panou, axa automobilului şi cele două puncte, care transpun ecartamentul farurilor (distanţa E). Din aceste puncte se trasează două linii înclinate la 15° faţă de orizontală. Se aprind amîndouă farurile pentru fasciculul de încrucişare. Se maschează un proiector pentru a se regla celălalt şi invers. Se va acţiona astfel încît să se obţină unghiul luminos, la intersecţia liniilor înclinate cu orizontala.

Utilizarea regloscopului în cazul farurilor asimetrice. Apariţia farurilor cu fascicul asimetric a pus problema reglajului farurilor pe aparate cum sînt regloscopul sau regloluxul prevăzut cu un ecran universal (fig. 12.15, *c*). Acesta are marcat pe de o parte o cruce marcată „Drum" pe care trebuie să se regleze maximul de intensitate a fazei lungi, precum şi două linii, între care trebuie să se înscrie fasciculul iluminatului de încrucişare (faza scurtă).

Fasciculul asimetric trebuie reglat cu atenţia maximă. Dacă se reglează prea înspre dreapta, se pierde avantajul pe care îl reprezintă ridicarea cu 15° a fasciculului luminos. Reglat prea înspre stînga este orbit cel din autovehiculul care circulă în sens contrar. Este bine ca toate reglajele să se facă pentru sarcina maximă sau cel puţin pentru cea medie uniform distribuită.

Reglarea farurilor de tip american se execută, utilizînd panourile din (fig. 12.15, *d*) pentru iluminatul de profunzime, respectiv (fig. 12.15, *e*) pentru iluminatul de apropiere. Panourile se plasează la distanţa de 10 m de automobil.

În cazul iluminatului de drum (fig. 12.15, *d*) fasciculul luminos trebuie să se plaseze într-un domeniu de maxim 15 cm de ambele părţi ale liniei, *GG* sau *DD*.

În cazul iluminatului de încrucişare fasciculul trebuie să se găsească într-un domeniu de maxim 15 cm la dreapta lui GG sau DD, fiind totodată limitat la 5 cm, de desubtul liniei HH.

Accesorii de reglaj pentru faruri. În ultimul timp pe o serie de maşini moderne, cum ar fi de exemplu cele fabricate de firma Citröen sau la maşinile de lux ale altor firme, s-au introdus o serie de dispozitive privind autoreglarea farurilor. Astfel sînt dispozitive telescopice, care autoreglează fasciculul în funcţie de sarcina autovehiculului. La fel există dispozitive

cuplate la sistemul de direcţie, care autoreglează fasciculul în funcţie de schimbările de direcţie. Acestea din urmă se utilizează în special la farurile sistem Dual.

12.4.3. MĂSURĂRI FĂCUTE ASUPRA FARURILOR

La faruri se ridică curbele izolux. Pentru acest lucru se utilizează un ecran alb, pe cît posibil mat, amplasat într-o cameră obscurizată, avînd pereţii, plafonul şi pardoseala vopsită în negru. Ecranul este plasat la 25 m de farul de măsurat şi este prevăzut cu un caroiaj în grade. Pe acest panou sînt plasate, în anumite puncte ale panoului, sondele luxmetrului. Farul

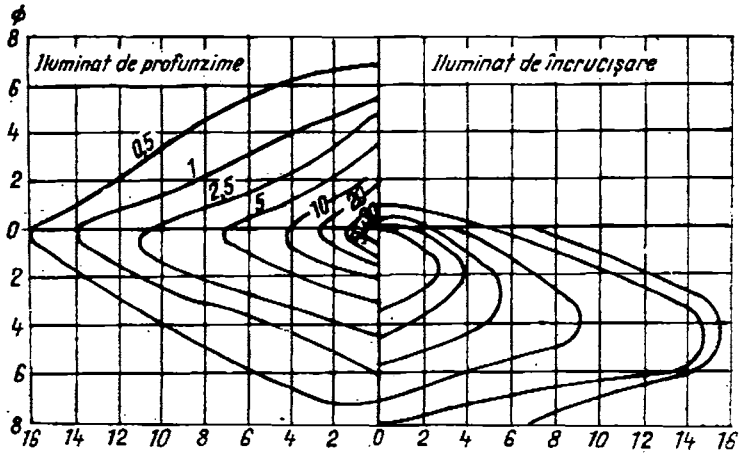


Fig. 12.16

este aşezat pe un dispozitiv telescopic reglabil în orice direcţie. Se centrează farul, şi se ridică curbele izolux. În fig. 12.16 sînt reprezentate curbele izolux pentru iluminatul la distanţă şi de apropiere a unui far de tip asimetric.

Prescripţiile pentru faruri se verifică pe un panou de obicei negru, pe care sînt trasate şi liniile de delimitare între zonele luminate şi cele neluminate, precum şi între zonele de luminozitate diferită. De obicei pe ecarn aceste linii sînt trasate cu vopsea luminoscentă în scopul de a se vedea distinct în lumina farului. În fig. 12.17, *a* şi *b* sînt prezentate prescripţiile pentru iluminatul european asimetric, fasciculul de apropiere (încrucişare), respectiv cel de profunzime. Cifrele de pe tablou indică iluminarea E, în lux.

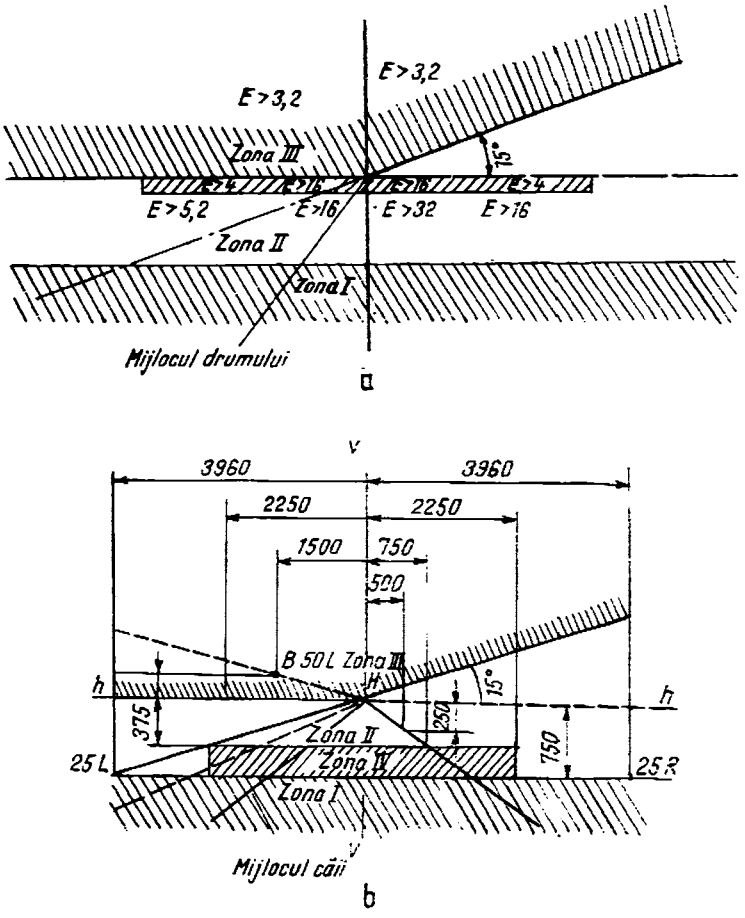


Fig. 12.17

12.5. LĂMPILE PENTRU ILUMINATUL EXTERIOR ȘI SEMNALIZARE

Aceste lămpi vin să completeze iluminatul exterior al automobilului. Unele dintre acestea folosesc pentru semnalizare, altele pentru marcare sau iluminare în anumite condiții, cum ar fi mersul noaptea în oraș de exemplu.

Lămpile stop servesc pentru a avertiza pe conducătorul auto asupra intențiilor de încetinirea vitezei sau frînare totală a autovehiculului din față. Corpul de iluminat poate fi de construcție îngropată sau aplicată pe caroserie.

Puterea becului este de 21 W. Dispersoarele sînt executate din masă plastică de culoare roşie, avînd striuri astfel încît, lampa să difuzeze lumina, fără a reflecta fascicule de raze supărătoare pentru ochiul conducătorului unei maşini, care vine din spate.

Normele prevăd ca lumina lămpii stop să fie vizibilă :

— ziua de la minimum 50 m ;

— noaptea de la minimum 500 m.

Automobilele cu cilindree peste 1000 cm^3 trebuie, în mod obligatoriu, dotate cu două lămpi stop plasate de ambele părţi ale caroseriei.

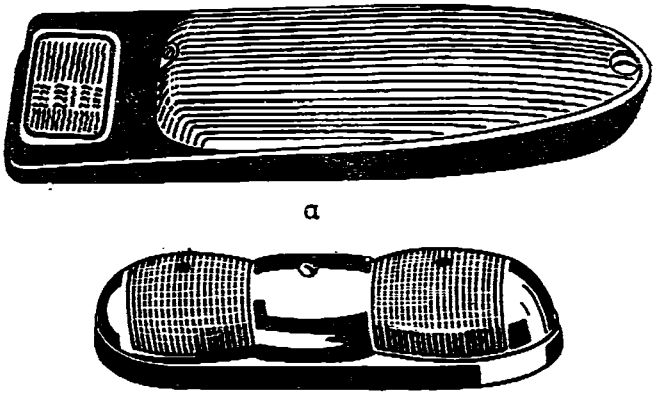
Lămpile de semnalizare a schimbării direcţiei servesc pentru a indica schimbarea de direcţie a automobilului sau intenţia de depăşire a acestuia. De obicei automobilele sînt echipate cu patru lămpi de semnalizare a schimbării direcţiei, fiind dispuse la marginile caroseriei, cîte două în faţă şi spate. Lămpile sînt de obicei de tip îngropat, avînd dispersoare din masă plastică cu profil striat pentru a difuza lumina fără a o reflecta. Culoarea dispersoarelor faţă este albă, iar cea a dispersoarelor spate portocalie sau roşie. Becul are puterea de 21 W. Semnalul luminos dat de lămpile de semnalizare trebuie să aibă o intensitate astfel încît :

— ziua să fie văzut de la minimum 700 m ;

— noaptea să fie văzut de la minimum 500 m.

Automobilele de gabarit mai mare şi autobuzele sînt prevăzute cu şase lămpi de semnalizare, în afara celor prevăzute pentru remorci.

Lămpile de poziţie denumite şi lămpi de gabarit sau lanterne, indică prin poziţionarea lor gabaritul autovehiculului atît în timpul deplasării, cît şi staţionării acestuia. În acest scop, ele se montează la maxim 0,30... 0,40 m de la marginea limită laterală a autovehiculului. De obicei, sînt constituite în corpuri de iluminat separate. La automobile mai vechi, în special acele prevăzute cu faruri aparente, lampa de poziţie este încorporată în acestea. Puterea becului care echipează lămpile de poziţie, este de 6,5 W.



a

b

Fig. 12.18

Cele trei tipuri de lămpi de mai sus prezentate în fig. 12. 18, sînt în general combinate, fiind încorporate în lămpi bi fig. *a* sau tricompartimentate fig. *b*.

Lampa număr este destinată iluminării numărului de circulație a automobilului în timpul nopții. Corpul lămpii este prevăzut cu un abajur special, care să dirijeze razele de lumină pe placa numărului, fără a lăsa posibilitatea acestora să fie reflectate înapoi. Dispersorul este lis (fără striuri) și de obicei mat. Becul este de tip tubular, avînd o putere de maximum 5 W. Condiția impusă este aceea ca numărul să fie citibil de la minim 20 m.

12.6. LĂMPILE DE ILUMINAT INTERIOR

Pentru iluminatul interior general se folosesc plafoniere, care pot fi acționate în mod automat prin deschiderea ușilor, precum și la comandă voită, prin intermediul unui întreruptor obișnuit.

Plafonierele sînt corpuri de iluminat simple, de diverse forme, avînd dispersoare striate din masă plastică pentru difuzarea luminii.

În afară de iluminatul general mai există și un iluminat local pentru aparatele de bord; bricheta electrică; sub bordul: pentru citit sau alte activități ale pasagerilor în autobuze de cursă lungă, precum și altele.

Dintre acestea iluminatul bordului comportă un studiu deosebit. Nu vom dezvolta această problemă în capitolul de față deoarece o vom relua în cap. 14.

Celelalte corpuri ale iluminatului interior sînt corpuri de iluminat obișnuite, care avînd diferite forme, nu ridică totuși probleme constructive deosebite.

Lămpile iluminatului auxiliar, care sînt indicate în prima parte a acestui capitol, nu prezintă nici ele particularități deosebite, pentru a justifica tratarea lor în prezenta lucrare.

13. SISTEMUL DE AVERTIZARE

13.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Sistemul de avertizare al autovehiculelor, folosește avertizare acustică și avertizare optică.

Sistemul de avertizare, prin funcțiunile sale, are rolul de a face posibilă circulația și de a-i da o siguranță mărită. Din aceste motive, elementele acestuia au o importanță deosebită în cadrul echipamentului electric pentru autovehicule. În consecință, elementele sistemului de avertizare fac obiectul recomandărilor internaționale privind unele caracteristici funcționale, iar principalele condiții tehnice, ca urmare a acestor recomandări, sînt înscrise și controlate în baza prevederilor cuprinse în recomandările I.S.O.

Dat fiind caracterul lor de dispozitive care influențează direct siguranța circulației, elementele sistemului de avertizare trebuie să aibă următoarele însușiri :

— timp de răspuns la comandă cît mai redus posibil ;

— fiabilitate și siguranță mare în funcționare.

Dispozitivele electrice și electromecanice răspund în general destul de bine acestor condiții însă cele electronice dau satisfacție și mai mare ; de aceea în momentul de față se fac cercetări în această direcție. Problema dificilă însă, constă nu atît în rezolvarea problemei din punct de vedere tehnic, cît din punct de vedere economic.

Funcțiunile sistemului de avertizare sînt următoarele :

1) de semnalizare a prezenței autovehiculului în mers sau stînd față de : pietoni, alte mijloace de locomoție, alte autovehicule etc. ; în acest scop se folosesc avertizoare sonore combinate cu sisteme optice ;

2) de avertizare a schimbării direcției de mers ;

3) de avertizare în caz de staționare din motiv de avarie (Warning System) ;

4) de avertizare a opririi sau încetinirii vitezei autovehiculului ;

5) de avertizare pentru mersul înapoi al autovehiculului.

Funcțiunile de avertizare se realizează prin semnale luminoase, produse de relee speciale, care sînt comandate de conducătorul auto

în mod direct prin întreruptorul sau comutatorul de la bord, sau indirect prin intermediul sistemului de frînare sau a schimbătorului de viteză.

Semnalele emise de avertizoare, fie ele sonore sau luminoase, pot fi codificate sau necodificate. De exemplu, semnalele acustice emise de autovehicule cu destinaţie specială cum ar fi autovehiculele controlului circulaţiei, autosanitare, pompieri, sînt în general codificate, acest cod neputînd fi adoptat de autovehicule avînd altă utilizare.

Semnalele emise de avertizoarele de schimbare a direcţiei sînt pulsaţii, avînd frecvenţa încadrată între anumite limite. Celelalte funcţiuni de avertizare nu au prescripţii speciale în ceea ce priveşte forma adoptată pentru semnal.

13.2. AVERTIZOARE SONORE (CLAXOANE)

Principiul general de funcţionare a acestor aparate, se bazează pe transformarea energiei electrice în energie acustică prin intermediul vibraţiilor mecanice după următoarea schemă: oscilaţii electrice — vibraţii mecanice — unde sonore în aer.

Sursa oscilaţiilor electrice este constituită în majoritatea cazurilor dintr-un traductor electromagnetic. În alte cazuri energia electrică nu mai ia formă oscilantă, cum este spre exemplu cazul unui motor electric care mişcă o turbină.

Vibraţiile mecanice produse de oscilaţiile electrice pot fi realizate cu ajutorul următoarelor dispozitive:

— o membrană sau placă subţire încastrată;

— o lamă vibrantă încastrată la unul sau ambele capete.

Undele sonore sînt produse, amplificate şi apoi sînt radiate prin intermediul unui piston oscilant sau al unui tub sonor.

Înainte de a trece la clasificarea avertizoarelor sonore ţinem să precizăm că denumirea de claxoane, sub care acestea sînt întîlnite în limbajul automobilistic, îşi are originea în faptul că cele mai multe claxoane cunoscute prima dată la noi, erau produse de firma Claxon — Franţa. Este o noţiune formată în acelaşi mod ca cea a delcoului şi care s-au împămîntenit la noi fără a avea o semnificaţie funcţională. Din acest motiv vom evita această denumire în cele ce urmează.

Clasificarea avertizoarelor sonore. Din punct de vedere constructiv şi funcţional putem face următoarea clasificare a avertizoarelor sonore: mecanice; electromagnetice; pneumatice. Clasificarea este făcută, ţinînd cont de dispozitivul care produce şi întreţine vibraţiile membranei.

De altfel, o delimitare absolută nu este posibilă decît din acest punct de vedere, fiindcă majoritatea avertizoarelor sonore au şi un element de acţionare electrică, cu excepţia celor demodate ca tip constructiv.

13.3. ELEMENTE ACUSTICE

13.3.1. OSCILATOARE MECANICE

Se cunosc următoarele oscilatoare mecanice : corzi, bare, membrane, lame (plăci) subțiri.

Din acestea, în construcția avertizoarelor sonore auto, se utilizează ultimele două. Din aceste motive, în cele ce urmează, vom da cîteva elemente teoretice, privind lamele subțiri.

Plăcile subțiri sînt copuri elastice care prin deformare generează forțe de restabilire. Expresiile frecvențelor proprii ale plăcii sînt

$$f_1 = 0{,}47\,\frac{b}{r_0^2}\sqrt{\frac{E}{\rho(1-s^2)}}\,;\; f_2 = 3{,}88\,f_1\,;\; f_3 = 8{,}70 f_1,$$

unde s este coeficientul lui Poisson.

Concluziile care se desprind din aceste relații sînt :

— în cazul plăcilor, frecvențele de rezonanță sînt mult mai rare decît în cazul membranelor ;

— frecvența de rezonanță este direct proporțională cu grosimea b și invers proporțională cu patratul razei r_0.

13.3.2. RADIATOARELE ACUSTICE

Radiatoarele acustice sînt dispozitive care creează cîmpul acustic. Ele sînt de cele mai multe ori constituite din corpuri în vibrație, fiind caracterizate prin suprafața limitatoare S, și prin distribuția $\frac{\varphi}{S}$ sau $\frac{\partial\varphi}{\partial n}\Big|_S$ a potențialului acustic pe aceasta.

Funcția de directivitate a unui radiator acustic, care exprimă capacitatea radiatorului de a crea un cîmp uniform, se definește prin relația

$$R\,(\theta,\varphi) = \frac{P\,(r_0,\theta,\psi)}{P\,(r_0,\theta_0,\psi_0)},$$

în care : mărimile r, θ, ψ sînt coordonatele sferice.

Direcția definită de coordonatele θ_0, ψ_0 este astfel aleasă, încît presiunea cîmpului sonor după această direcție să fie maximă.

Factorul de concentrare sonoră sau cîștigul radiatorului se definește ca raportul dintre puterea unui radiator izotrop (uniform) avînd presiunea

egală cu presiunea pe axul principal al radiatorului considerat şi puterea radiatorului considerat. Deci :

$$\Omega = \frac{\mathcal{Q}_{a_0}}{\mathcal{Q}_a}$$

unde : $\mathcal{Q}_{a_0}$ este puterea radiatorului izotrop ;
$\mathcal{Q}_a$ — puterea radiatorului considerat.
Deoarece

$$\mathcal{Q}_a = \frac{1}{2} R_e \oint_{\delta} PV_r \mathrm{d}s,$$

unde V_r este componenta radială a vitezei avînd aceeaşi funcţie de directivitate ca P, cîştigul unui radiator este

$$\Omega = \frac{4\pi}{\oint_s R^2(\theta\psi) \sin\theta \, \mathrm{d}\theta\psi},$$

indiferent de structura cîmpului sonor.

Pentru un radiator cu simetrie axială

$$\Omega = \frac{2}{\int_0^{\pi} R^2(\theta) \sin\theta \mathrm{d}\theta}.$$

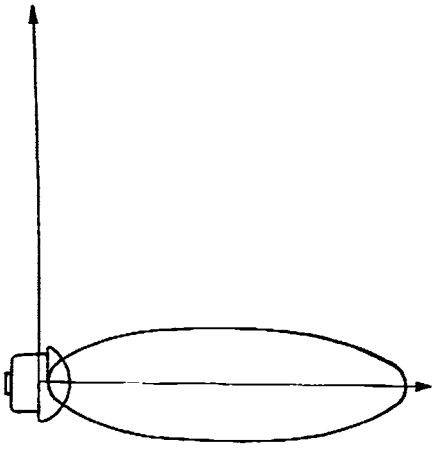


Fig. 13.1

Semnificaţia cîştigului unui radiator este următoarea : pentru a crea o presiune P_0 la distanţa r_0 se poate folosi o putere de Ω ori mai mică, folosind un radiator directiv (cu cîştig Ω) decît în cazul cînd s-ar folosi un radiator nedirectiv.

Pentru un radiator nedirectiv $\Omega = 1$. Pentru radiatoare nedirective, se caută ca puterea radiată vertical, să aibă valoarea cît mai mică.

O ilustrare a celor spuse este dată în fig. 13.1 unde axa radiatorului este îndreptată spre aria de sonorizare, iar suprafaţa închisă de funcţia de directivitate este un elipsoid.

13.3.3. TUBURI SONORE

Alte elemente acustice asupra cărora este necesar să ne oprim atenţia sînt tuburile sonore. În cazul propagării undelor în tuburi, frecvenţele sînt date de relaţiile :

— pentru tuburile deschise $f_n = \frac{nc}{2l}$

— pentru tuburile închise la un capăt $f_n = \frac{(2n-1)c}{4l}$

Presiunea acustică totală este dată de relaţia

$$P = P_i e^{j\beta x} + P_r e^{-j\beta x}$$

în care : P_i este presiunea undei incidente ;
P_r — presiunea undei reflectate

şi

$$\beta = \frac{\omega}{c}.$$

Expresia vitezei cîmpului este

$$V = \frac{1}{Z_c} P_i e^{j\beta x} [1 - K_r e^{-2j\beta x}]$$

unde Z_c este impedanţa critică ;

K_r — coeficientul de reflexie $\left(K_r = \frac{P_r}{P_i}\right)$.

Impedanţa acustică într-o secţiune S la distanţa x este dată de relaţia

$$Z_{(x)} = Z_c \frac{1 + K_r e^{-2j\beta x}}{1 - K_r e^{-2j\beta x}}.$$

13.3.4. GHIDURI DE SUNET (PÎLNII)

Pentru mărirea directivităţii, radiatoarele acustice pot fi prevăzute cu pîlnii (cornete), care constituie sisteme ce permit realizarea unei impedanţe constante şi reale pe o suprafaţă dată. Pîlniile sînt elemente ce constituie ghiduri de sunet, fiind limitate exterior de o suprafaţă de rotaţie cu pereţi rigizi. Geometric o pîlnie se caracterizează prin axa Ox şi aria secţiunii transversale $S(x)$.

Ecuaţia satisfăcută de amplitudinea complexă a potenţialului este

$$\frac{d^2\Phi}{dx^2} + \frac{d l_x S}{dx} \cdot \frac{d\Phi}{dx} + \beta^2 \Phi = 0,$$

care se poate integra exact pentru următoarele cazuri :

— pîlnia conică $S(x) = S_0\left(\frac{x}{x_0}\right)^2$

— pîlnia parabolică $S(x) = S_0\left(\frac{x}{x_0}\right)$;

— pîlnia hiperbolică $S(x) = S_0\left(\frac{x_0}{x}\right)$;

— pîlnia Beseel $S(x) = S_0\left(\frac{x}{x_0}\right)^m$;

— pîlnia exponențială $S(x) = S_0\, e^{mx}$.

Cele mai utilizate sînt : pîlnia conică și pîlnia exponențială. Pilnia conică se definește prin relațiile :

$$l \geqslant \frac{\lambda_j}{2\pi}\left(\frac{D^2}{D_1} - 1\right)$$

și

$$D_2 \geqslant \frac{\lambda_j}{\pi}$$

unde D_1 și D_2 sînt diametrele tronconului ce definește geometric pîlnia.

Pîlniile conice au dezavantajul că necesită lungimi mari care le fac incomode.

În cazul pîlniilor exponențiale relațiile care determină geometria acestora sînt :

$$l \geqslant \frac{\lambda_i}{\sqrt{2}} \ln \frac{D_2}{D_1} ;$$

$$D_2 \geqslant \frac{2\sqrt{2}}{m} ;$$

$$m = \frac{2\sqrt{2}\,\pi}{\lambda_i},$$

în care : m este coeficientul de expansiune al dispozitivului.

13.3.5. PISTONUL RADIANT

Un alt tip de radiator, important ca utilizare practică, este pistonul radiant denumit şi piston oscilant sau diafragmă radiantă. Acest dispozitiv oscilant este constituit dintr-un disc circular, suficient de subţire, dar perfect rigid, care oscilează cu o anumită viteză sinusoidală, normală pe planul său. Variantele de utilizare ale pistonului radiant sînt următoarele :

Piston montat într-un ecran infinit. Cele două semispaţii, în acest caz, sînt complet separate. Cîmpul exact se poate considera numai pentru spaţii din faţa radiatorului ;

Piston liber în spaţiu. Cîmpul exact într-un punct este suma undelor din faţa şi din spatele radiatorului, care se găsesc în antifază ;

Piston capsulat — este pistonul care radiază cu o singură faţă, cealaltă fiind capsulată.

În cazul pistonului radiant montat într-un ecran infinit, presiunea elementară dedusă din aplicarea principiului lui Huyghens este

$$\mathrm{d}P = \mathrm{j}\beta Z_c \frac{V_0}{2\pi r_i} \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\beta r_1} \mathrm{d}s,$$

care prin integrare dă

$$P = \mathrm{j}\beta \frac{Z_c V_0}{r} r_0^2 \mathrm{e}^{-\mathrm{j}\beta r} \cdot \frac{J_1(\beta r_0 \sin\theta)}{\beta r_0 \sin\theta},$$

unde : J_1 este funcţia Bessel de speţa 1 ;
V_0 — amplitudinea complexă a vitezei normale de oscilaţie a pistonului, iar celelalte notaţii sînt indicate în fig. 13.2.

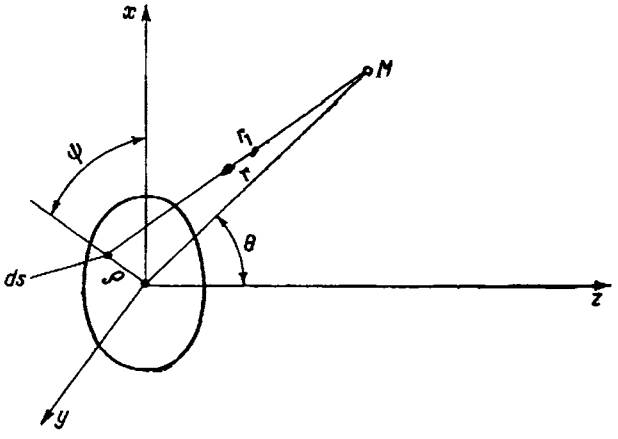


Fig. 13.2

Dacă se pune în evidență valoarea debitului pistonului

$$Q_0 = \pi r_0^2 V_0$$

rezultă

$$P = j\beta \frac{Z_c Q_0}{2\pi r} \cdot \frac{2 J_1(\beta r_0 \sin\theta)}{\beta r_0 \sin\theta}.$$

Impedanța de radiație a pistonului radiant se poate scrie sub forma

$$Z_r = \pi r^2 Z_c (R_r' + jX_r')$$

unde R_r' și X_r' sînt rezistența și reactanța radiantă, ce au expresia:

$$R_r' = 1 - \frac{J_1(2\beta r_0)}{\beta r_0}; \quad X_r = \frac{S_1(2\beta r_0)}{\beta r_0},$$

S_1 fiind funcția lui Struve de indice 1.

Dezvoltările asimptomatice ale mărimilor R_r' și X_r' sînt

$$\beta r_0 \to 0 \begin{cases} R_r' = \frac{1}{2}(\beta r_0)^2 \\ X_r' = \frac{8}{3\pi}(\beta r_0) \end{cases} \text{ și } \beta r_0 \to \infty \begin{cases} R_r' = 1 - \frac{1}{2\beta r_0} \\ X_r' = \frac{2}{\pi \beta r_0} \end{cases}$$

Se observă că: în domeniul frecvențelor joase cîmpul este izotrop, iar impedanța de radiație conține un termen proporțional cu pătratul frecvenței și unul proporțional cu frecvența.

În domeniul frecvențelor înalte cîmpul este foarte directiv. Pistonul creează un fascicol îngust de undă plană, în care apar maxime și extincții ale cîmpului pe măsura mărimii înclinării față de axul pistonului.

În domeniul frecvențelor joase, se poate defini o masă de radiație de forma

$$M_r = \frac{X_r}{\omega} = \frac{8}{3} \rho_0 r_0^3.$$

Este interesant de observat că pistonul simte o masă chiar dacă masa sa proprie este nulă. Este ca și cum împreună cu acesta s-ar mișca un cilindru de aer de rază r_0 și de lungimea

$$\frac{8}{3}\pi r_0 = 0{,}8\ r_0.$$

Factorul de concentrare sonoră (cîştigul) pistonului oscilant este dat de relaţia

$$\Omega = \frac{(\beta r_0)^2}{1 - \dfrac{J_1(2\beta r_0)}{\beta r_0}} = \frac{(\beta r_0)^2}{R'_r},$$

în care se observă că acesta este dependent de rezistenţa de radiaţie. Dacă $\beta r_0 \to 0$ se obţine $\Omega = 2$, care decurge din faptul că radiaţia are loc într-un semispaţiu. Dacă se consideră puterea radiantă de ambele părţi atunci $\Omega = 1$. Pentru $\beta r_0 > 1$ creşte rapid obţinîndu-se $\Omega = (\beta r_0)^2$.

În cazul pistonului liber impedanţa de radiaţie are forma

$$Z_r = Z_c S_0 (R'_r + \mathrm{j} X'_r)$$

unde

$$R'_r = \frac{8}{27\pi^2}(\beta r_0)^4; \quad S_0 = 2\pi r_0^2; \quad X'_r = \frac{4}{3\pi}(\beta r_0^2).$$

Masa de radiaţie are forma $M_r = \dfrac{8}{3}\rho_0 r_0^3$.

În cazul pistonului capsulat

$$Z_r = \frac{1}{2} Z_c \pi r_0^2 \left[\frac{1}{2}(\beta r_0)^2 + J\frac{8}{3\pi}(\beta r_0) + \right.$$

$$\left. + \frac{8}{27\pi^2}(\beta r_0)^4 + J\frac{4}{3\pi}(\beta r_0)\right],$$

de unde rezultă

$$R'_r = \frac{1}{4}(\beta r_0)^2; \quad X_r = \frac{2}{\pi}(\beta r_0); \quad M_r = 2\rho_0 r_0^3.$$

A fost necesar să se dea aceste noţiuni de acustică fizică, deoarece elementele, care au fost tratate în rezumat în cele de mai sus, se regăsesc în parte sau în totalitate pe toate tipurile de avertizoare sonore auto.

13.4. TEORIA ŞI CONSTRUCŢIA AVERTIZOARELOR ACUSTICE AUTO

În cele ce urmează vom trata avertizoarele sonore în ordinea categoriilor clasificate la subcap. 13.2.

13.4.1. AVERTIZOARE MECANICE

Dispozitivul oscilant este realizat de o membrană care este pusă în mişcare de o camă cu profil de trecere brusc, în genul unei roţi dinţate. Cama este antrenată de un motor electric de curent continuu alimentat de la sistemul energetic al autovehiculului. Cîmpul sonor este ghidat de o pîlnie (cornet) tronconică. Calitatea sunetului este foarte proastă. El are caracterul unui sunet complet impur şi distorsionat, în genul unor cîrîituri. De aici şi denumirea de „Clacson" care astfel, se explică din punct de vedere etimologic.

Acest tip de avertizor nu mai are astăzi decît o importanţă evolutiv istorică, fabricaţia sa fiind complet părăsită atît din motive calitative, cît şi din cauza cheltuielilor mari de fabricaţie.

13.4.2. AVERTIZOARE ELECTROMAGNETICE

Dispozitivul oscilant este realizat de o placă subţire de obicei în formă de disc încastrată pe contur. Mişcarea oscilatorie este provocată şi întreţinută de un electromagnet alimentat în curent continuu. Alternanţele oscilaţiei sînt provocate de întreruperea şi restabilirea tensiunii în înfăşurarea bobinei. Între frecvenţa întreruperilor tensiunii şi frecvenţa oscilaţiei, se realizează o relaţie de sincronism.

În fig. 13.3, *a* şi *b* se poate urmări principiul de funcţionare a unui avertizor electromagnetic. Placa oscilantă *3* este atrasă de electromagnetul *2* atunci cînd contactele întreruptorului *1* stabilesc curentul în circuit. În momentul în care placa oscilantă şi-a terminat cursa, contactele se deschid, placa este eliberată, după care ciclul se repetă. De membrană este ataşată solidar armătura electromagnetului care constituie totodată şi o masă inerţială, ce serveşte la regularizarea mişcării oscilatorii. Pentru ca sunetul să fie cît mai clar trebuie stabilită relaţia de sincronism a întreruperilor circuitului cu oscilaţiile membranei. Întreruperile trebuie să fie în fază cu oscilaţiile plăcii *3*, iar frecvenţa lor să fie acordată cu frecvenţa proprie a acesteia. Practic acest lucru se realizează cu un şurub de reglare, care stabileşte poziţia relativă a contactelor în raport cu amplitudinea maximă a oscilaţiei plăcii oscilante în mişcare.

În fig. 13.3, *a* este reprezentat un tip de avertizor electromagnetic la care întreruptorul este acţionat magnetic. Acest tip constructiv se sincro-

nizează greu. În fig. 13.3, *b* este reprezentat un tip de avertizor la care, între placa oscilantă şi partea mobilă a întreruptorului, există o legătură mecanică elastică *4*, care face ca oscilaţiile plăcii să se autosincronizeze cu întreruperile. Nici sistemul acesta nu este suficient de bun deoarece,

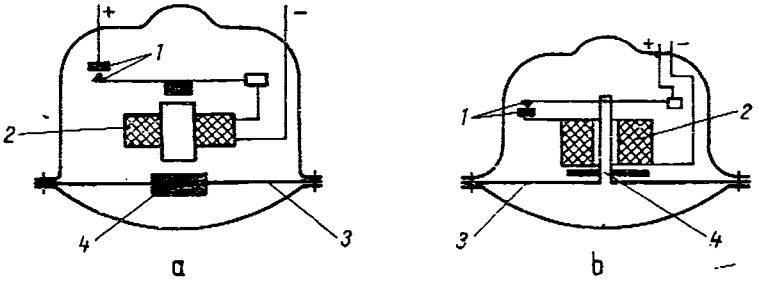


Fig. 13.3

pe lîngă faptul că sincronizarea nu este perfectă ca urmare a diferenţelor de masă între cele două părţi oscilante; neliniaritatea mişcării bolţului solicită neaxial placa oscilantă, provocînd oboseala materialului, de unde posibilitatea de fisurare a acestuia.

La sistemele mai recente contactele sînt închise sub forţa unei lame arc (fig. 13.4). În această figură *1* reprezintă contactele; *2* — portcontactul fix; *3* — portcontactul mobil (lamă arc); *4* — placa izolantă.

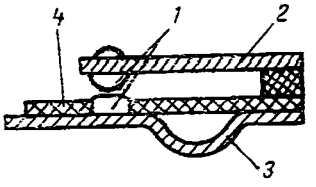


Fig. 13.4

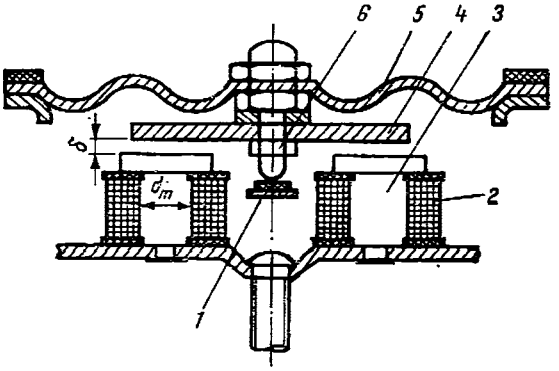


Fig. 13.5

Bolţul *6* solidar cu placa oscilantă *5*, deschise contactele o dată cu retragerea armăturii *4* a plăcii oscilante fixată rigid de aceasta (fig. 13.5).

Frecvenţa proprie a plăcii subţiri (v. §. 13.4.1) este

$$f_1 = 0{,}47 \frac{b}{r_0^2} \sqrt{\frac{E}{\rho (1 - S^2)}}$$

şi

$$f_n = K_n f_1.$$

Această frecvenţă trebuie să fie astfel, încît să se situeze în domeniul de sensibilitate maximă a urechii adică 2000...5000 Hz.

La un material ales care se caracterizează prin ρ, E şi S, pentru a obţine o frecvenţă convenabilă se poate acţiona asupra dimensiunilor b şi r_0. Cum asupra lui b posibilitatea de acţionare este restrînsă, se acţionează asupra lui r_0 prin ondularea plăcii. În afară de modificarea lui r_0, se modifică şi starea de rigidizare a membranei. O altă condiţie este aceea ca energia sonoră să fie astfel, încît nivelul sunetului să fie $L > 105$ dB. Acest lucru ne permite să ne fixăm asupra întrefierului δ (fig. 13.5) care după cum vom vedea este o funcţie de energie şi frecvenţă.

Expresia energiei specifice este

$$W = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2$$

unde

$$\omega = 2\pi f$$

iar amplitudinea maximă

$$A = \delta.$$

Deci

$$W = 2\pi^2 \rho f^2 \delta^2 \rightarrow \delta^2 = \frac{W}{2\pi^2 \rho f^2},$$

cum pe de altă parte

$$W = \frac{P^2}{\rho c^2}$$

rezultă

$$\delta = \frac{P}{\sqrt{2}\pi \rho f c}.$$

Din această relaţie se observă că întrefierul unui avertizor electromagnetic este direct proporţional cu presiunea cîmpului sonor, deci cu nivelul de tărie al sunetului şi invers proporţional cu frecvenţa acestuia, fapt con-

firmat de încercările practice. P este fixat de condiția care stabilește nivelul de zgomot. Într-adevăr

$$L = 20 \log \frac{P}{P_0};$$

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$$

și

$$P = 2 \cdot 10^{\frac{L}{20} - 5}$$

O dată determinat întrefierul δ, ca întrefier principal al electromagnetului, se poate aplica formula lui Maxwell pentru forța electromagnetică

$$F = K_1 \frac{B_0^2 S_0^2}{\mu_0}$$

unde S_0 este secțiunea echivalentă a întrefierului principal, în care s-a considerat: d_m — diametrul miezului electromagnetului; K_1 un coeficient echivalent provenit din produsul coeficienților de corecție ε și τ, iar

$$B_0 = \frac{K_2 Iw}{\delta}.$$

În acest caz, în final avem

$$(Iw)^2 = \frac{F \delta^2}{K \cdot K_1^2 K_2^2 d_m^2}$$

Forța F necesară pentru atragerea armăturii relelui fixată de membrană, poate fi calculată cu relații cunoscute în mecanică și rezistența materialelor, privind teoria plăcilor subțiri. În general însă această forță este dificil de determinat exact prin calcul, cu atît mai mult cu cît placa se ondulează și din această cauză forța se determină practic pe un dispozitiv special, care ridică diagrama $y = f(F)$ (fig. 13.6).

Avînd determinat pe $y = \delta$, se deduce forța necesară pentru a produce o deplasare, a centrului membranei, egală cu δ, în mm. În realitate trebuie să ținem cont că la forța F, trebuie adăugată și forța necesară învingerii presiunii pe contacte F_c care este preluată tot de forța portantă a electromagnetului astfel încît se ia în considerare o forță totală

$$F_t \geqslant F + F_c.$$

În acest fel

$$Iw = \frac{\delta}{K_1 K_2 d_m} \sqrt{\frac{F_t}{K}}$$

unde K_2 înglobează şi pe μ_0.

Între U, I şi w există relaţia

$$\frac{U}{I} = wr_m$$

unde r_m este rezistenţa spirei medii a înfăşurării în stare caldă.

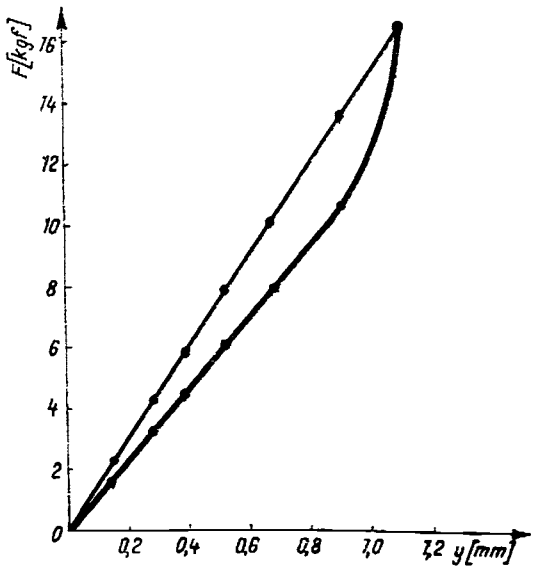


Fig. 13.6

Pentru a se da o directivitate mai bună sunetului, precum şi pentru amplificarea nivelului de tărie sonoră, se folosesc radiatoare sonore. Unul din radiatoarele acustice cele mai des folosite este *pistonul radiant* (v. § 13.3.5).

Pistonul radiant *1* este un disc din tablă de alamă sau din aluminiu, perfect rigid şi care oscilează o dată cu placa (membrana) avertizorului *2*, fiind prinsă solidar de armătura electromagnetului *3* şi întregul sistem în mişcare (fig. 13.7). Din § 13.3.5. presiunea acustică transmisă de pistonul radiant este

$$P = j\beta \frac{Z_c Q_0}{2\pi r_0} \cdot \frac{2J_1(\beta r_0 \sin\theta)}{\beta r_0 \sin\theta}$$

şi dacă facem $\theta = 0$ căpătăm valoarea presiunii acustice pe axa de simetrie a radiatorului

$$P_{(0)} = \beta \frac{Z_c Q_0}{2\pi r},$$

unde : Q_0 este debitul pistonului ;
r_0 — raza pistonului.

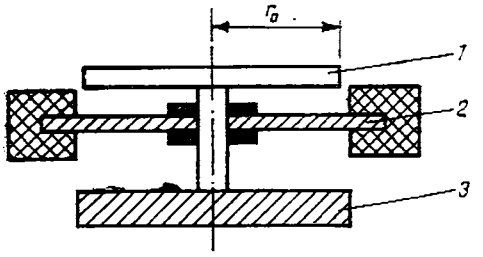


Fig. 13.7

Cîştigul pistonului radiant este (v. §. 13.3.5)

$$\Omega = \frac{(\beta r_0)^2}{R'_r}; \quad \beta = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda},$$

şi atunci

$$\Omega = \frac{4\pi^2 r_0^2}{\lambda^2 R'_r},$$

în cazul în care

$$\lambda = r_0; \quad \Omega = \frac{4\pi^2}{R'_r}.$$

Din variaţia rezistenţei radiante funcţie de produsul βr_0 (fig. 13.8) se observă că R'_r pentru $\beta r_0 > 1$ tinde foarte repede către 1, oscilînd în jurul acestei valori.

Deci

$$\Omega = 4\pi^2,$$

şi scriind

$$P_0 = j \beta \frac{r_0^2 V}{2r} Z_c (Q_0 = \pi r_0^2 V_0)$$

rezultă

$$P_0 = j \frac{\pi \lambda V_0 Z_c}{r},$$

iar la distanţa de 2 m ($r = 2$) rezultă

$$P_{(0,2)} = j \frac{\pi \lambda V_0 Z_c}{2}.$$

În fig. 13.9 este arătat în secţiune un avertizor sonor auto cu piston radiant *5* care reprezintă o construcţie Bosch, una dintre primele firme care a folosit pistoane radiante. Celelalte elemente ale avertizorului ce apar în secţiune sînt: *1* — întreruptor; *2* — electromagnet; *3* — miezul magnetic; *4* — jug magnetic; *6* — armătură mobilă.

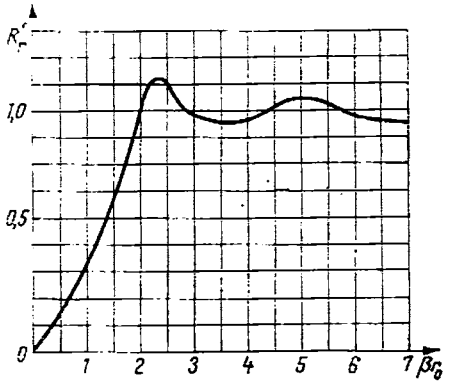


Fig. 13.8

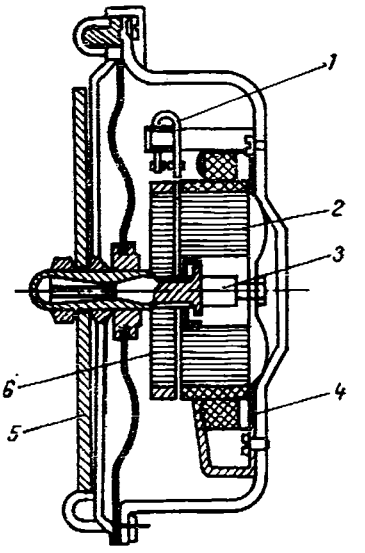


Fig. 13.9

Avertizoarele sonore pot fi prevăzute cu tuburi ca element radiant. Oscilaţiile plăcii subţiri fac să vibreze aerul într-un tub acustic (fig. 13.10). Lungimea tubului se ajustează la frecvenţa de oscilaţie a plăcii avertizorului utilizîndu-se în acest scop relaţiile din teoria tuburilor sonore (v. § 13.3.3). Sunetul dat de aceste avertizoare este de acelaşi timbru cu acel dat de avertizoarele sonore pneumatice.

Pentru a se micşora gabaritul avertizorului, în construcţia avertizoarelor sonore moderne tubul *3* se spiralizează aşa cum apare în fig. 13.10, a, care reprezintă o vedere de sus, utilizîndu-se în acest scop semi-elemente de masă plastică injectate sau presate în cochile şi care apoi sînt îmbinate cu şuruburi sau lipite cu adezivi speciali. În secţiunea reprezentată în fig. 13.10, b *1* este membrana şi *2* — electromagnetul. Un avantaj în plus adus de această construcţie este acela al unei etanşeităţi superioare a avertizorului, ceea ce le face să fie adoptate de constructorii de autovehicule, care sînt nevoiţi să-şi plaseze avertizoarele în afara caroseriei; de exemplu autoturismele cu motor în spate şi portbagaj în faţă. Pe aceste tipuri de autovehicule avertizoarele sînt plasate de obicei sub aripă pe puntea din faţă a maşinii.

O construcție derivată și oarecum particulară a avertizoarelor cu tuburi sonore este *claxonul cu membrană dublă* (fig. 13.11). Aerul cuprins între cele două membrane vibrează ca într-un tub sonor închis la ambele capete. Totuși relațiile tuburilor sonore închise la ambele capete (aceeași cu al

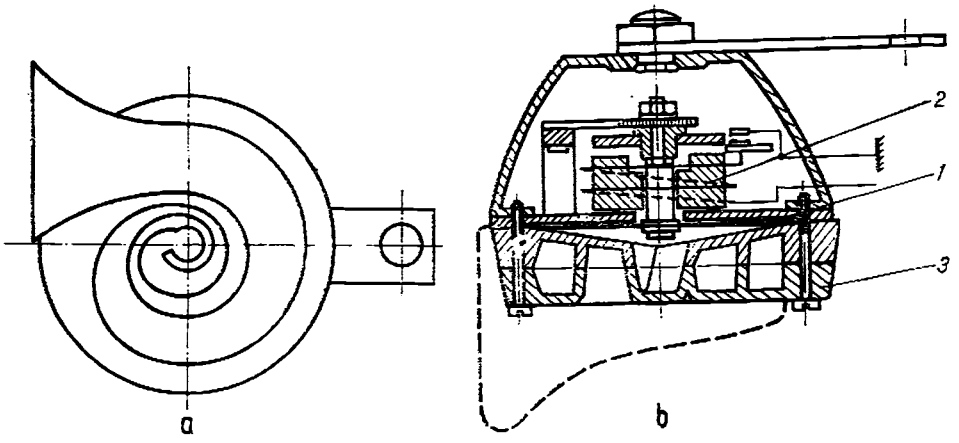


Fig. 13.10

tuburilor sonore deschise la ambele capete) nu pot fi aplicate fără corecții, dat fiind că pereții, care închid tubul nu sînt rigizi, precum și datorită faptului că diametrul este mult mai mare în raport cu lungimea. Pentru obținerea unui ton curat, a doua membrană trebuie acordată în frecvență cu prima. În acest scop se folosesc atît șurubul *1*, care servește la reglarea sistemului de oscilație (electromagnet-membrană principală), cît și șurubul *2*, care servește pentru reglajul celei de a doua membrane.

Tonul acustic dat de acest tip de avertizor este asemănător celui dat de avertizoarele cu tuburi. Acordarea frecvențelor celor două membrane se ușurează dacă a doua membrană se montează pe un element elastic, (de exemplu o garnitură de cauciuc) și se execută la un diametru sensibil mai mic.

13.4.3. AVERTIZOARE PNEUMATICE

Elementul oscilant este constituit dintr-o membrană sau lamă vibrantă așezată într-o cameră, în care se insuflă aer sub presiune. Elementul oscilant vibrează în fața gurii unui tub acustic, care radiază cîmpul sonor în afară. În fig. 13.12 este reprezentat schematic un avertizor pneumatic.

Aerul este insuflat de un compresor centrifugal acționat de un motoraș electric (fig. 13.13).

Astfel de avertizoare cu un sunet particular pot emite semnale codificate, utilizîndu-se mai multe tuburi sonore puse pe rînd în funcţiune prin

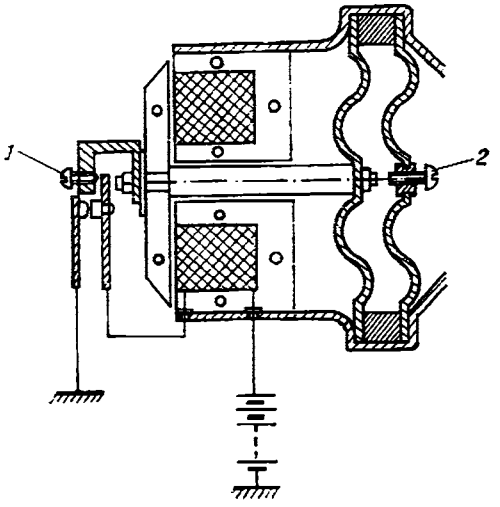


Fig. 13.11

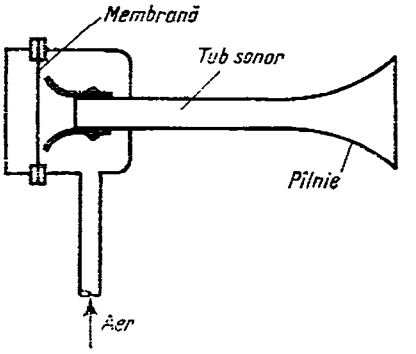
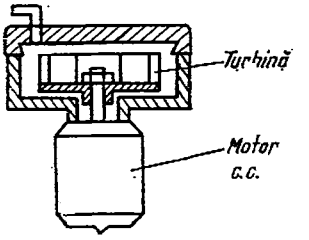


Fig. 13.12

intermediul unor ventile acţionate programat. Din acest motiv ele sînt folosite de maşinile miliţiei, pompieri sau autosanitare.

Pentru mărirea directivităţii avertizoarele sînt prevăzute cu pîlnii (cornete). Relaţiile care determină geometria pîlniei sînt arătate în § 13.3.4 şi nu le vom mai repeta. De obicei se utilizează pîlnii exponenţiale din motivele arătate mai sus în paragraful amintit.



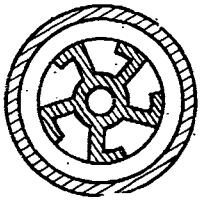


Fig. 13.13

13.4.4. CARACTERISTICILE SUNETULUI EMIS DE AVERTIZOARELE SONORE AUTO

Recomandările internaţionale I S O stabilesc nivele de presiune sonoră pentru trei categorii de avertizoare sonore după destinaţia acestora :

— categoria I-a — avertizoare sonore ce echipează autovehiculele cu viteză de mers de peste 80 km/h ;

— categoria a II-a — avertizoare sonore ce echipează autovehicule cu viteză de mers cuprinsă între 40 şi 80 km/h ;

— categoria a III-a — avertizoare sonore ce echipează autovehicule cu viteza de mers sub 40 km/h.

Nivele de sunet la distanța de 2 m, pentru cele trei categorii sînt următoarele :

— categoria I-a minimum 105 dB;
— categoria a II-a minimum 100 dB;
— categoria a III-a minimum 90 dB,

în aer liber și calm (fără curenți de aer).

Deoarece este cunoscut că sensibilitatea maximă a urechii este în banda de frecvențe sonore de 2000...5000 Hz, se cere ca avertizoarele sonore

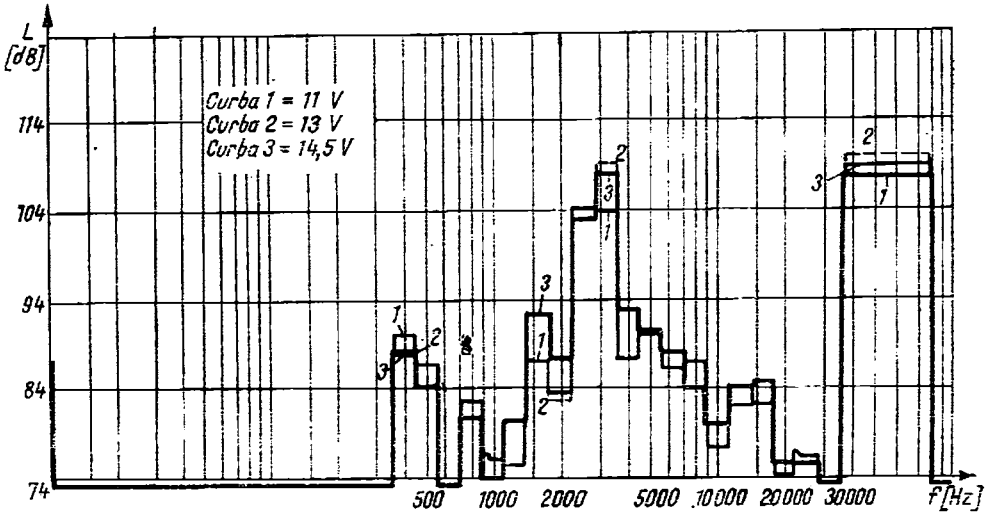


Fig. 13.14

să aibă corespondența maximă a tărici sunetului în această bandă de frecvențe. Acest lucru presupune ridicarea spectrului de sunet pentru avertizoarele auto. În fig. 13. 14 se arată spectrul de sunet a unui avertizor sonor, fabricat de Uzina Electroprecizia Săcele. Spectrul a fost ridicat pentru tensiunea de alimentare 13 V a avertizorului sonor.

Diagrama spectrului dă totodată și o imagine asupra purității sunetului emis de avertizor.

13.4.5. SEMNALE COMPLEXE DATE DE MAI MULTE AVERTIZOARE SONORE (DUET, TERȚET etc.)

Pe unele autovehicule se practică montarea a două sau mai multe avertizoare sonore care funcționează simultan. Prin acest montaj se obține un ușor plus de tărie sonoră, însă scopul urmărit este acela ca prin acor-

darea frecvențelor avertizoarelor să se capete un sunet complex, în sensul unui acord consonant. În felul acesta dacă se ia ca bază frecvența unui avertizor, de exemplu aceea a avertizorului cu sunet mai grav, raportul frecvențelor celor două avertizoare trebuie să fie astfel

$$\frac{f_1}{f_2} = K_1;$$

unde K_1 este raportul de interval sonor a celor două sunete (terță, sextă etc.)

Nivelul tăriei ansamblului se calculează după o metodă care folosește curbele izofone ale lui Flechter-Munson. Pentru a ilustra acest lucru să luăm două avertizoare sonore a_1 și a_2 cu următoarele date:

$$a_1 - f_1 = 2\,500 \text{ H}_2; \quad L_1 = 105 \text{ dB};$$

$$a_2 - f_2 = 3100 \text{ H}_z; \quad L_2 = 110 \text{ dB},$$

(deci avertizoarele sînt acordate în terță). Din diagrama lui Flechter-Munson se obține pentru cele două avertizoare:

$$\Lambda_{e_1} = 100 \text{ foni};$$

$$\Lambda_{e_2} = 102 \text{ foni}.$$

Din formula $N = 10^{\frac{A-40}{30}}$

se obține

$$N_1 = 100 \text{ soni},$$

$$N_2 = 102 \text{ soni},$$

de unde

$$N_t = N_1 + N_2 = 202 \text{ soni},$$

căruia îi corespunde un sunet complex cu nivel de tărie ce poate fi determinat din curba tăriei sunetului perceput de ureche funcție de nivelul de presiune sonoră, ridicată experimental de Flechter-Munson.

Deși nivelul de presiune sonoră globală crește numai cu circa 2 dB, față de nivelul sunetului celui mai tare, urechea totuși percepe în ansamblu un semnal de tărie dublă (200 soni față de circa 100 soni cît are un singur avertizor).

13.4.6. PROBLEME PRIVIND CONSTRUCȚIA ȘI EXECUȚIA AVERTIZOARELOR

Avertizoarele sonore auto de tip electromagnetic, prezintă din punct de vedere al fabricației avantajele cele mai mari, deoarece necesită o tehnologie, la care operațiile se pretează la o organizare rațională și economică a fabricației.

Problema de bază este cea a execuției plăcii oscilante (membranei) spre a se obține o planeitate cît mai bună și un profil ambutisat cît mai uniform. Contactele sînt din wolfram. La dimensionare trebuie avut grijă să se obțină un curent de rupere cît mai mic posibil. Cînd acest lucru nu este posibil, contactele se protejează prin montarea unui condensator în paralel. Condensatorul are și efectul atenuării paraziților radiofonici. Pentru protejarea contactelor întreruptorului (butonului) ce acționează avertizorul, mai ales cînd în circuit se găsesc mai multe avertizoare, se folosește un releu de contactare electromagnetic.

13.5. ELEMENTE DE AVERTIZARE OPTICĂ

Aceste elemente cuprind avertizoarele optice pentru semnalizarea schimbării direcției de mers a autovehiculului. Avertizoarele optice de viraj sînt în general relee, care întrerupînd și restabilind periodic circuitul lămpilor de semnalizare a schimbării direcției, le fac pe acestea să producă impulsuri luminoase de o anumită frecvență. Acestea sînt acționate de un comutator cu două sau trei poziții, dintre care două pentru lămpile stînga respectiv dreapta, iar a treia pentru semnalizare de avarie (Warning system), cînd sînt acționate toate lămpile de semnalizare ale autovehiculului. Din categoria amintită mai sus sînt excluse avertizoarele de direcție sistem semafor, de care nu ne vom ocupa în lucrarea de față, acest sistem de semnalizare fiind în totalitate părăsit în tehnica auto actuală. În cele ce urmează ne vom ocupa numai de avertizoare de direcție cu impulsuri.

Clasificarea avertizoarelor optice de direcție cu impulsuri. După tipul constructiv al elementului generator de impulsuri avertizoarele cuprind: avertizoare termoelectromagnetice cu fir rezistiv; avertizoare electrotermice cu element bimetalic și avertizoare electronice.

13.5.1. AVERTIZOARE OPTICE DE DIRECȚIE TERMOELECTROMAGNETICE CU FIR REZISTIV

Acestea sînt în momentul de față cele mai utilizate în tehnica auto datorită în primul rînd faptului că fabricația lor poate fi realizată la un preț relativ scăzut și că, menținîndu-se la acest nivel de preț, reușesc încă să satisfacă, pentru cea mai mare parte din autovehicule, cerințele din ce în ce mai pretențioase ale normelor internaționale.

Funcţionarea elementului care generează impulsurile se bazează pe interacţiunea dintre un fir rezistiv *1* care întinde pîrghia port contact mobil *2* şi electromagnetul *3* (fig. 13.15).

Forţa de tensionare a firului rezistiv variază invers proporţional cu starea de încălzire a acestuia provocată de punerea lui sub tensiune. Cînd tensiunea în fir devine suficient de mică (tinde către zero) este învinsă de arcul lamă *4* care împinge braţul port contact mobil pe contactul fix stabilind în felul acesta circuitul înfăşurării electromagnetului, care este înseriat cu lămpile de semnalizare *5*. Concomitent cu punerea lămpilor sub tensiune electromagnetul *3* atrage pîrghia portcontactului mobil, creînd o forţă pe contacte care are drept rol:

— să dea stabilitate în funcţionare sistemului oscilant;

— să producă o stabilitate şi rupere netă a contactelor pentru a evita fenomenele de uzură rapidă a acestora prin electroeroziune. Prin închiderea contactelor, firul încălzitor este scurtcircuitat avînd drept consecinţă răcirea sa şi deci o creştere a forţei de tensionare a firului, care tinde spre valoarea ei în stare rece.

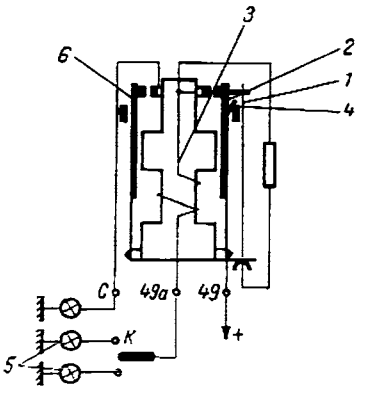


Fig. 13.15

În modul acesta se întrerup contactele după care ciclul reîncepe, repetîndu-se atîta timp cît circuitul avertizorului este pus sub tensiune prin comutatorul *K*.

13.5.2 TEORIA ŞI CONSTRUCŢIA AVERTIZOARELOR DE DIRECŢIE TERMOELECTROMAGNETICE

Alegem o presiune pe contacte F_c care să asigure stabilitatea în funcţionare a elementului oscilant. Cunoscînd valoarea lui F_c rezultă că forţa de atracţie a electromagnetului este

$$F_0 = a_1 F_c$$

unde a_1 este un coeficient care ţine cont de direcţia forţelor şi distanţa între punctele lor de aplicaţie.

Cu ajutorul formulei lui Marxwel F_0 capătă forma

$$F_0 = n \frac{B_0^2 S_0}{\mu_0} = n_1 \frac{S_0^2}{\delta_0^2} (Iw)^2,$$

de unde rezultă

$$(Iw)^2 = \frac{a_1 F_c \delta_0^2}{u_1 S_0^2} \rightarrow Iw = \frac{\delta_0}{S_0} \sqrt{\frac{a_1 F_c}{u_1}}. \tag{13.1}$$

Cum I este dat de puterea becurilor, rezultă în primă aproximaţie numărul de spire ale înfăşurării electromagnetului. Se notează cu F_r forţa lamei arc, care stabileşte contactul în circuitul lămpilor de semnalizare. Cele două forţe (F_0 şi F_r), sînt compensate de o componentă a forţei de tensionare a firului. Fie $a_2 F_t$ această forţă, atunci putem scrie relaţia

$$a_2 F_t \geqslant F_0 + F_r = a_1 F_c + F_r ,$$

unde a_2 este un coeficient de aceeaşi categorie cu a_1. O primă condiţie de închidere a contactelor este $a_2 F_t \rightarrow 0$ care dă relaţia

$$F_t - \pi d^2 \lambda E \theta = 0$$

unde : d este diametrul firului rezistiv ;

λ — coeficientul de dilatare liniară a materialului din care este făcut firul rezistiv ;

E — modulul de elasticitate a firului rezistiv ;

θ — temperatura care anulează forţa de întindere a firului şi are expresia

$$\theta = \frac{F_t}{\pi d^2 \lambda E}.$$

Pe de altă parte

$$\theta = KW$$

unde : $W = \frac{U^2}{R}$ este energia calorică disipată în firul rezistiv, iar K este un coeficient care înglobează transmisia căldurii.

Rezultă din cele două relaţii ale lui θ :

$$R = \frac{\pi d^2 \lambda E K U^2}{F_t}$$

sau

$$R = \frac{K_1 K U^2}{F_t}, \tag{13.2}$$

care ne dă indicația că, pentru o rezistență dată tensiunea firului este influențată de variațiile de tensiune din circuit. Cum și tensiunea firului o dată reglată rămîne invariabilă în funcționare, variațiile de tensiune, după cum vom vedea mai jos, au influență asupra frecvenței pulsațiilor.

În cele expuse mai sus s-a presupus la limită $F_t = 0$ (tensiunea în fir pentru închiderea contactelor). În realitate închiderea contactelor se produce pentru o tensiune critică a firului diferită de zero căreia îi corespunde o temperatură critică $\theta_k \neq \theta$. Pentru a nu complica prea mult lucrurile, rămînem la ipoteza făcută anterior.

Frecvența pulsațiilor $\nu = \frac{1}{T}$ este inversul timpului în care contactele stau închise și deschise, respectiv timpul în care firul rezistiv se încălzește sau se răcește. Dacă notăm cu

τ_1 — timpul de încălzire a firului rezistiv pentru atingerea temperaturii la care tensiunea în fir scade la zero;

τ_2 — timpul de răcire a firului,

atunci

$$T = \tau_1 + \tau_2$$

este dat de relația

$$\theta - \theta_a = (\theta_0 - \theta_a)\left(1 - e^{-\frac{\tau_1}{\tau_0}}\right)$$

unde $\tau_0 = \frac{m_c}{\alpha_s}$ este constanta de timp a firului;

m — masa firului rezistiv;
c — căldura specifică a firului;
α — coeficientul de transmisie a căldurii al firului;
S — suprafața firului

și rezultă:

$$\frac{\theta - \theta_a}{\theta_0 - \theta_a} - 1 = -e^{-\frac{\tau_1}{\tau_0}}; \quad \tau_1 = \tau_0 \ln \frac{\theta_0 - \theta}{\theta_0 - \theta_a}.$$

Din relațiile anterioare obținem

$$\tau_1 = \tau_0 \ln \frac{\pi d^2 \lambda E \theta_0 - F_t}{(\theta_0 - \theta_a)\pi d^2 \lambda E}.$$

Dacă se folosesc notațiile:

F_{t0} — forța de tensionare a firului pentru $\theta = 0°C$;

F_{ta} — tensiunea în fir pentru temperatura ambiantă, obținem

$$\tau_1 = \tau_0 \ln \frac{F_t - F_{t0}}{F_{t0} - F_{ta}}$$

Dacă considerăm că $F_t \to 0$, atunci

$$\tau_1 = \tau_0 \ln \frac{F_{t0}}{F_{ta} - F_{to}}.$$

De aici remarcăm că, timpul în care contactele sînt dechise nu depinde practic de F_t, ci numai de temperatura ambiantă și de caracteristicile fizico-geometrice ale firului rezistiv.

τ_2 este dat de relația

$$\theta - \theta_a = (\theta_0 - \theta_a)\, e^{-\frac{\tau_2}{\tau_0}},$$

care poate fi pusă sub forma

$$\frac{\theta - \theta_a}{\theta_0 - \theta_a} = e^{-\frac{\tau_2}{\tau_0}}$$

sau

$$\tau_2 = \tau_0 \ln \frac{F_t - F_{ta}}{F_{t0} - F_a}.$$

Perioada impulsurilor este dată de relația

$$T = \tau_1 + \tau_2 = \tau_0 \ln \frac{F_{t0}\,(F_t - F_{ta})}{(F_{t0} - F_{ta})^2},$$

iar frecvența impulsurilor este dată de expresia

$$\nu = \frac{1}{\tau_0} \left[\ln \frac{F_{t0}\,(F_t - F_{ta})}{(F_{t0} - F_{ta})^2} \right]^{-1}. \tag{13.3}$$

După recomandările ISO această frecvență trebuie să fie cuprinsă între 60...120 cicluri pe minut.

O altă valoare condiționată în norme este valoarea lui $\frac{\tau_2}{\tau_1+\tau_2}$ (timpul în care apare impulsul luminos în raport cu perioada ciclului). Acesta are valoarea

$$\frac{\tau_2}{\tau_1+\tau_2}=\frac{\ln(F_t-F_{ta})-\ln(F_{t0}-F_{ta})}{\ln F_{t0}(F_t-F_{ta})-\ln(F_{t0}-F_{ta})^2}. \tag{13.4}$$

Acest raport după recomandările SAE trebuie să se mențină în limitele din

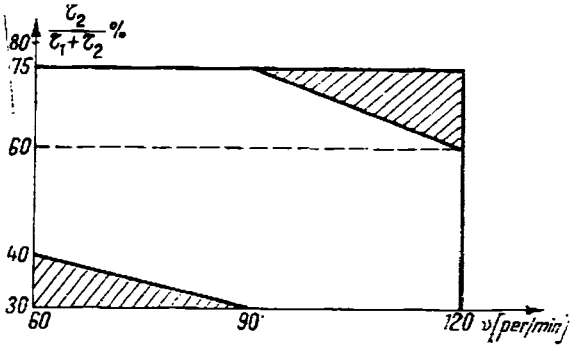


Fig. 13.16

graficul reprezentat în fig. 13.16. Dacă se consideră relațiile (13.1...13.4) se pot trage următoarele concluzii :

— pentru o putere dată a lămpilor de semnalizare și o rezistență a firului rezistiv, valorile lui ν și a raportului $\frac{\tau_2}{\tau_1+\tau_2}$ sînt dependente de variațiile tensiunii și ale temperaturii ambiante ;

— în cazul în care puterea lămpilor variază (cazul avertizoarelor construite pentru două puteri) variația parametrilor de mai sus este dependentă și de această valoare.

Curentul efectiv care trece prin contactele avertizorului este dat de relația

$$I_{ef}^2=\frac{1}{T}\int_0^{\tau_2} I_{max}^2\,dt,$$

care dă :

$$I_{ef}=I_{max}\sqrt{\frac{\tau_2}{\tau_1+\tau_2}};$$

$$I_{ef}=I_{max}\left[\frac{\ln(F_t-F_{ta})-\ln(F_{t0}-F_{ta})}{\ln F_{t0}(F_t-F_{ta})-\ln(F_{t0}-F_{ta})^2}\right]^{\frac{1}{2}}$$

Lămpile martor. Pentru a da posibilitatea conducătorului auto de a controla funcționarea avertizorului, se prevede posibilitatea unui control prin lămpi martor montate la bord. Aceste lămpi sînt acționate prin perechi de contacte, la care partea mobilă este constituită dintr-un braț atras de electromagnetul avertizorului și deci urmărește aceeași frecvență Totodată brațul contactului lovind în opritorul său care folosește în același timp și pentru reglarea întrefierului, emite un semnal auditiv în aceeași frecvență cu pulsațiile luminoase. Avertizoarele pentru două puteri, care se utilizează pentru autovehicule cu remorci, au doi martori.

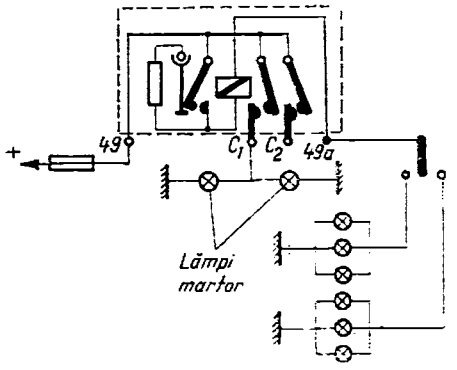


Fig. 13.17

Schema din fig. 13.17 arată conexiunile funcționale ale unui avertizor avînd două puteri împreună cu martorii.

Particularități constructive ale avertizoarelor optice de schimbare a direcției. Conductorul rezistiv din Cr-Ni blanc este izolat de batiul aparatului printr-un izolator special din sticlă ușor fuzibilă, fixat și format prin topire directă pe firul rezistiv. Este o operație foarte delicată și din acest motiv greu de rezolvat tehnologic.

Batiul aparatului, constituind în același timp atît calea de curent, cît și circuitul magnetic, se execută din oțel cu carbon puțin și se recoace pentru eliminare tensiunilor de ecruisare căpătate la presare.

Contactele se execută din 2 Ag Cu, Ag Cu-Ag-Mg sau 2 Paladium, ele constituind elementele care asigură în cea mai mare parte fiabilitatea aparatului.

Lamele din oțel de arc se fixează de batiu și de brațele portcontact prin sudură electrică (sudură prin puncte).

13.5.3. AVERTIZOARE OPTICE DE DIRECȚIE ELECTROTERMICE CU LAMĂ BIMETALICĂ

Elementul generator de impulsuri este o lamă termobimetalică pe care se înfășoară un conductor rezistiv izolat. Lama termobimetalică este în același timp și portcontact pentru contactul mobil. În momentul conectării la rețea, curentul cerut de lămpi trece prin conductorul rezistiv și încălzește indirect termobimetalul, care întrerupe circuitul. Prin răcire termobimetalul revine la loc închizînd circuitul. Ciclul se repetă atît timp cît comutatorul K menține aparatul sub tensiune. În fig. 13.18 este prezentată schema funcțională a unui astfel de avertizor optic de semnalizare

a direcției, care cuprinde : elementul termobimetalic *1*, lampa martor *2*, comutatorul *3*, lămpi de semnalizare *4*, și bateria de acumulatoare *5*.

Teoria și relațiile matematice pentru un astfel de avertizor optic prezintă analogii cu tipul descris anterior și din aceste motive nu o vom trata în cele de față. Indicăm doar faptul că în locul forței electromagnetice, care dă presiunea pe contacte, aici trebuie considerată presiunea pe contacte asigurată de lama termobimetalică

$$P_c = 0\,V\,E\,\frac{le^2}{8L}$$

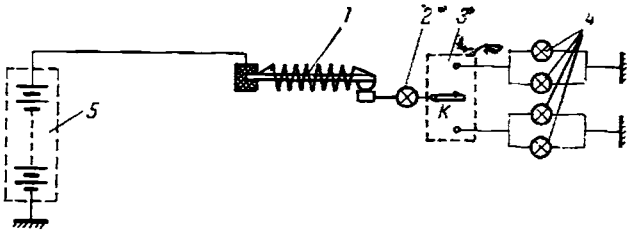


Fig. 13.18

unde : $0 = KW$; W fiind energia electrică disipată de firul rezistiv ;
K — un coeficient ce înglobează transmisia căldurii în placa termobimetalului ;
V este coeficientul lui Villarceau al termobimetalului ;
E — modulul de elasticitate al acestuia,
iar e, l și L dimensiunile geometrice ale lamei de termobimetal și anume : grosimea, lățimea și lungimea. Pentru completare v. § 14.4.4 (traductoare termice de tip cu impulsuri).

Pentru puteri mai mari ale becurilor se folosește încălzirea directă a termobimetalului, trecînd curentul prin acesta.

Avertizoarele optice de direcție cu termobimetal sînt din ce în ce mai rar utilizate, deoarece : sînt mai scumpe, mai puțin fiabile și dificil de realizat pentru două puteri.

13.5.4. AVERTIZOARE OPTICE DE DIRECȚIE. ELECTRONICE

Necesitatea de a echipa autovehiculele în special cele de gabarit mai mare cu mai multe lămpi de semnalizare (față, spate și lateral), precum și cerințele circulației, ca pe măsura creșterii vitezei de circulație pe autostrade să se amplifice intensitatea semnelor luminoase, a avut drept consecință solicitarea unor avertizoare optice pentru semnalizarea schimbării direcției de mers, care să genereze impulsuri luminoase pentru puteri mult mai mari. Acest lucru a făcut loc, în preocupările constructorilor de autovehicule

studiului unor soluții electronice pentru avertizoarele optice de direcție auto. Aceste avertizoare au avantajul unei fiabilități mai mari.
Dezavantajul însă cel mai mare al acestor construcții este acela al scumpirii produsului. Un avertizor electronic de tipul celui arătat în fig. 13.19, costă de 5—6 ori mai mult decît unul clasic.

În schema din fig. 13.19 cele două tranzistoare formează un multivibrator, iar tranzistorul T_2 servește drept comutator comandat. Prin comutatorul K_{1a} și K_{1b} se conectează la baterie fie o grupă de lămpi, fie

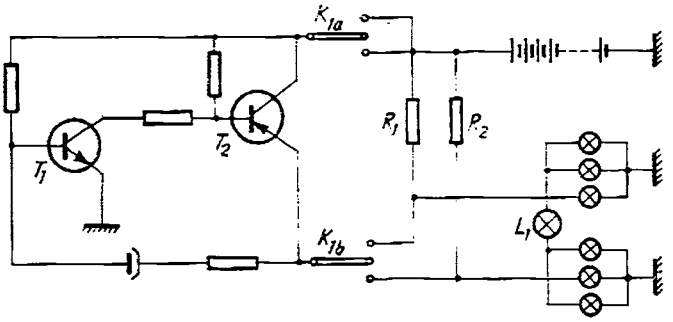


Fig. 13.19

cealaltă, (dreapta, stînga). În felul acesta multivibratorul acționează lămpile făcîndu-le să dea impulsuri luminoase la frecvența comandată de acesta. Compensarea variației rezistențelor lămpilor, de la rece la cald, se rezolvă prin ajustarea valorii rezistențelor R_1 și R_2. Lampa martor L_1 este acționată o dată (avînd aceeași frecvență) cu lămpile de semnalizare. Din acest motiv, în momentul în care una din lămpile de semnalizare nu mai funcționează, lampa martor emite semnale cu o frecvență deosebită de cea obișnuită. Schema din fig. 13.19 asigură, pentru becuri de 20 W, semnale luminoase avînd

$$\nu = 90...120 \text{ per/min}$$

și

$$\frac{\tau_2}{\tau_1 + \tau_2} = 37...45\%.$$

13.5.5. AVERTIZOARE OPTICE CU ACȚIONARE HIDRAULICĂ, PNEUMATICĂ ȘI MECANICĂ

Aceste avertizoare sînt relee de restabilire a circuitului unei lămpi în momentul apariției unei presiuni ce apare de exemplu în circuitul hidraulic sau pneumatic al sistemului de frînare. Teoria și calculul acestor elemente

se reduc la caculul unui arc. Am redat această teorie în § 14.4.4. (sesizoare manometrice). Din aceste motive nu mai dăm alte detalii privind acest tip de avertizoare.

Avertizoarele optice cu acţionare mecanică prin tijă sînt de obicei întreruptoare de acelaşi tip ca cele precedente, cu deosebirea că acţionarea contactelor se face printr-o tijă legată de sistemul, a cărui punere în funcţiune trebuie semnalizată. De exemplu, avertizorul optic ce comandă lampa de semnalizare pentru mers înapoi se montează la cutia de viteză a autovehiculului, iar cel pentru semnalizarea frînării pe sistemul de pîrghii al mecanismului de acţionare a frînării.

Avînd o construcţie similară cu cele descrise la § 14.4.4 (sesizoare mecanice acţionate prin tijă) nu mai dăm aici alte detalii.

14. SISTEME DE MĂSURARE ŞI DE CONTROL

14.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Sistemele de măsurare şi control din schema electrică a automobilelor şi tractoarelor au rolul de a informa pe conducătorul auto asupra funcţionării corecte a principalelor elemente funcţionale ale autovehiculului, ajutîndu-l în felul acesta să preîntîmpine anumite deranjamente sau accidente.

Din punct de vedere al conexiunilor electrice, sistemul de măsurare şi control constituie un circuit în general independent, fără legături funcţionale cu alte elemente din schema autovehiculului, avînd comun cu aceasta doar sursa de alimentare. În anumite cazuri, sistemul se poate alimenta printr-un divizor sau stabilizator de tensiune, cînd această soluţie este impusă de anumite condiţii de exploatare, sau ea convine din anumite puncte de vedere

Partea din sistemul de măsurare şi control care informează asupra: vitezei de mers a autovehiculului; a vitezei de rotaţie a arborelui motor; a distanţei parcurse de autovehicul sau a numărului de ore convenţionale executate de acesta, în majoritatea cazurilor este independentă de alimentarea cu energie electrică a schemei autovehiculului.

Pentru controlul funcţional al autovehiculului se pot folosi fie *aparate indicatoare*, fie *sesizoare de alertă*.

Aparatele indicatoare constituie elemente ale sistemului de măsurare şi control, a căror dispozitive sînt în general imaginate pe principiul aparatelor de măsurat electrice clasice, avînd bineînţeles o serie de particularităţi care să le facă să poată funcţiona în condiţiile de exploatare de pe autovehicule.

Sesizoarele de alertă sînt elemente funcţionale în majoritatea lor funcţionînd pe principiul releelor electromagnetice, electrotermice, electromecanice sau combinate şi care, în cazul ieşirii din zona de funcţionare tolerată pentru elementul controlat, semnalizează acest lucru prin aprinderea unei lămpi martor aflată la bordul autovehiculului.

Aparatele indicatoare controlează în general întreaga zonă de funcționare sau cea mai mare parte a acesteia, constituind din acest punct de vedere un mijloc eficient de informare pentru un conductor auto instruit.

Sesizoarele sînt indicatoare de situații limită, lucrînd pe principiul totul sau nimic (bun sau rău), din acest motiv utilizarea lor este combătută atît de unii constructori de autovehicule, cît mai ales de utilizatori. În afară de aceasta au și dezavantajul că depind de un element ce se poate defecta repede și care îl constituie lampa de control. Totuși, datorită faptului că sistemul de avertizare cu sesizori este mai sugestiv (aprinderea unui bec, față de observarea unui aparat) precum și faptul că utilizarea lor constituie o soluție mai puțin costisitoare, folosirea lor precumpănește pe cea a aparatelor indicatoare, în special la automobilele de turism. În anumite cazuri, și în special la autovehicule grele pentru rute lungi sau cele pentru transport de persoane în comun, se folosesc ambele sisteme pentru controlul aceluiași element funcțional.

14.2. ELEMENTELE FUNCȚIONALE ALE AUTOVEHICULULUI CONTROLATE DE SISTEMUL DE MĂSURARE

Sistemul de alimentare cu energie electrică (*circuitul : generator-releu regulator de tensiune-baterie*). După concepția constructorului autovehiculului și de cele mai multe ori dictat de considerente economice se alege unul din următoarele instrumente de control :

— indicator de curent (ampermetru) auto ;
— indicator de tensiune (voltmetru) auto ;
— sesizor de alertă compus din lampă martor cu sau fără releu.

Folosirea unui indicator de curent sau indicator de tensiune este la latitudinea proiectantului schemei electrice. Indicatorul de tensiune auto utilizat înainte pe scară redusă în schemele alimentate cu generatoare de curent continuu (dinamuri) și-a făcut din ce în ce mai mult loc în schemele alimentate cu alternatoare, în care este controlată tensiunea reglată a alternatorului, curentul acestuia fiind autolimitat prin însuși construcția generatorului de curent alternativ, care după cum se știe (v. subcap. 3.5) prezintă o caracteristică de debit $I = f(n)$, pentru $u = \text{const}$, cu palier în domeniul sarcinii maxime.

În schemele de alimentare cu alternatoare se pot utiliza foarte bine și ampermetre, acestea indicînd, ca și în cazul dinamurilor, curentul de încărcare sau descărcare al bateriei. În acest caz, un curent de încărcare prea mare poate arăta fie o stare proastă (descărcare) a bateriei fie, în special dacă această indicație persistă în timp, o dereglare a regulatorului de tensiune. Voltmetrul din contră, nu sesizează momentul producerii unui defect în alimentarea cu energie electrică (generatorul nu încarcă),

datorită faptului că el indică în continuare tensiunea bateriei aflată în paralel cu generatorul şi, pînă cînd aceasta începe să scadă, deviaţia acului este insesizabilă.

Plaja controlată de indicatorul de tensiune (plaja verde) este cuprinsă între 12,5...16 V pentru un sistem de alimentare cu 12 V tensiune nominală. În cazul alimentării cu dinam, releul conjunctor-disjunctor poate fi deschis, iar acul voltmetrului continuă să rămînă în zona verde, pînă cînd datorită neîncărcării, tensiunea bateriei scade sub valoarea limită a acestei plaje. În schimb indicatorul de curent indică momentul în care s-a produs defecţiunea în sistemul de alimentare, prin faptul că semnalează lipsa curentului de încărcare în circuit (bate invers).

Indicatorul de tensiune, spre deosebire de ampermetru, poate semnala starea proastă a bateriei, precum şi o defecţiune ce ar putea interveni în sistemul de pornire (scurtcircuite sau contacte slabe), prin căderea de tensiune prea mare ce se produce în ansamblul sistemului de pornire. La fel un conducător auto instruit poate să-şi dea seama, din lectura voltmetrului, pînă unde poate merge cu tentativele de pornire nereuşite spre a nu dăuna bateriei.

În orice caz problema ce este mai bun pentru controlul circuitului de încărcare a bateriei, rămîne o problemă încă controversată în concepţia proiectanţilor de scheme electrice pentru automobile, fără ca un sistem sau altul, să aibă suficiente argumente pentru a se impune categoric.

Sesizorul cu lampă martor constituie un mijloc de control foarte uzitat în special la autovehicule mici, printre care şi autoturismele de mare serie. Fiind totodată foarte ieftin, el constituie şi mijlocul comod de informare a conducătorului auto amator, nu întotdeauna suficient de bine instruit, pentru folosirea unor aparate chiar aşa de puţin pretenţioase cum sînt aparatele de control auto.

În cazul alimentării bateriei cu dinam, lampa martor fiind conectată în paralel cu contactele releului de curent invers nu este necesară prezenţa unui element de sesizare special. În fig. 2.11, *a* este reprezentată schema de alimentare a bateriei cu dinam, controlată de o lampă martor montată în paralel cu contactele conjunctor-disjunctorului.

În cazul alimentării schemei electrice cu alternator, în majoritatea cazurilor elementul sesizor este necesar. Fig. 2.11, *d* reprezintă o schemă de alimentare cu alternator controlată de un sesizor electromagnetic, ale cărui contacte sînt în serie cu lampa martor şi a cărui înfăşurare este conectată între borna plus a circuitului şi nulul stelei alternatorului. În modul acesta, în momentul în care alternatorul funcţionează, releul întrerupe circuitul stingînd lampa martor.

Un sistem de alimentare cu alternator, la care elementul sesizor nu este necesar pentru acţionarea lămpii martor, este cel al alternatorului cu nouă diode (trei diode pentru separarea circuitului de excitaţie. În fig. 3.10, *c* este reprezentată o astfel de schemă utilizată de firma Bosch

pentru autovehiculele cu motoare Diesel, unde această separare este unul din mijloacele prevăzute pentru evitarea descărcării bateriei pe înfășurarea de excitație a alternatorului, în cazul uitării cheii de contact conectate.

Lampa martor joacă în același timp și rolul de rezistență de amorsare a alternatorului și din acest motiv dimensionarea becului utilizat comportă o alegere potrivită din punct de vedere a rezistenței ohmice la cald, a acestuia. Bosch prevede un bec de 2 W pentru tensiunea de 12 V, respectiv 3 W pentru tensiunea de 24 V.

Controlul funcționării în condiții corecte a motorului. La acest agregat de importanță majoră se controlează: sistemul de răcire; presiunea uleiului de ungere a motorului și turația arborelui motor. Primele două se pot controla atît cu ajutorul aparatelor, cît și cu ajutorul sesizoarelor de alertă. Pentru siguranță se poate folosi și sistemul combinat.

Aparate folosite. Sistemul de răcire se controlează cu ajutorul indicatoarelor de temperatură (termometrelor), în ultimul timp în exclusivitate electrice și care se bazează pe diverse principii de funcționare.

Presiunea uleiului de ungere a motorului se controlează cu ajutorul indicatoarelor de presiune (manometrelor) electrice; acestea, ca și termometrele, se bazează pe diverse principii de funcționare, de cele mai multe ori similare cu cele ale termometrelor.

Ambele aparate au comun particularitatea că traduc variația mărimilor neelectrice, în speță variația temperaturii și presiunii, în mărimi electrice echivalente. Pentru aceasta dispozitivul lor de măsurare este format din două elemente:

— un traductor (transmițător) aflat la locul unde se găsește mărimea de măsurat (controlat), de exemplu chiulasa (capul) motorului pentru termometru, respectiv rampa de ungere pentru manometru;

— un aparat indicator (receptor) aflat pe bordul mașinii.

Primul element are rolul de a transforma variația mărimii neelectrice, într-o mărime electrică echivalentă și a o transmite receptorului, care o pune în evidență ca orice aparat electric obișnuit. Ambele elemente (traductor, receptor) sînt înseriate într-un circuit electric alimentat de la sursa generală de tensiune a autovehiculului.

Față de sistemele mecanice practicate înainte, sistemele electrice de măsurare a acestor mărimi au următoarele avantaje:

— un timp de răspuns mult mai mic în relația traductor indicator și deci inerție mult mai mică;

— posibilități de defectare mult mai reduse, ca urmare a înlocuirii tuburilor de legătură flexibile prin conducte electrice, a căror traseu este mult mai ușor de protejat;

— sînt mai puțin costisitoare.

Turația arborelui motor se controlează cu un tahometru a cărui dispozitiv de măsurat este în majoritatea cazurilor un cuplaj magnetic. Există și tahometre electrice cu tahogenerator.

Legătura motor-aparat indicator se face prin intermediul unui arbore flexibil în cazul tahometrelor ce funcţionează pe principiul cuplajelor magnetice.

Sesizoare de alertă. Pentru indicarea trecerii peste temperatura limită admisă pentru apa de răcire, se foloseşte de obicei un releu termic cu termobimetal, denumit şi termocontact. Acest releu este în serie cu lampa martor.

Pentru indicarea scăderii presiunii sub valoarea limită admisă, se foloseşte un releu acţionat hidraulic denumit şi mano-contact conectat în serie cu lampa martor.

Unele autovehicule au şi sesizoare de alertă pentru supravegherea nivelului apei de răcire şi uleiului din carter.

Controlul cantităţii de combustibil din rezervor. Acest control se execută cu ajutorul unui indicator de nivel, al cărui principiu de funcţionare este în general similar celui al manometrelor şi termometrelor. Şi la acest aparat există o mărime neelectrică (volumul), exprimată în fracţiuni de rezervor, care este tradusă într-o mărime electrică. Ca urmare a acestui lucru există şi în acest caz un transmiţător, care execută traducerea mărimii neelectrice în mărime electrică şi un receptor care o pune în evidenţă.

La acest aparat, care există pe orice autovehicul modern, sesizorul de alertă este de obicei incorporat în transmiţător, fiind acţionat de acelaşi element mecanic ce vine în contact cu mărimea neelectrică, în acest caz tija flotorului.

Controlul parametrilor de lucru ai autovehiculului (viteză şi distanţă parcursă şi înregistrarea numărului de ore convenţionale de funcţionare). Acest control se execută cu ajutorul aparatelor : vitezometrul cu kilometraj ; contorul de ore ; vitezograful.

Fiind vorba de mărimi a căror valoare trebuie cunoscută într-o plajă de toleranţe relativ strînsă, controlul acestora nu poate fi făcut cu sesizoare.

Indicaţiile acestor aparate sînt de o deosebită importanţă, ele permiţînd conducătorului auto : să nu depăşească vitezele legale, evitînd astfel accidente de circulaţie ; să exploateze în mod raţional autovehiculul ; să-şi dea seama de distanţele parcurse ; să execute întreţinerile tehnice prescrise în raport cu numărul de kilometrii parcurşi, să-şi dea seama de încadrarea în consumurile normate de combustibil şi lubrefianţi ; să beneficieze în perioada de garanţie de asistenţă tehnică a furnizorului. Ele permit în acelaşi timp exercitarea controlului tehnic şi financiar asupra exploatării corecte a autovehiculului de către conducătorul auto.

Aceste aparate au încorporate în general două dispozitive de măsurat şi anume : un dispozitiv de măsurat pentru viteză ; un dispozitiv integrator pentru înregistrarea distanţei parcurse sau numărului de ore convenţionale efectuate. Vitezograful are un dispozitiv de înregistrare grafică a regimului de mers.

Principiile de construcție a dispozitivelor de măsurat pot fi : mecanice, magnetice, electrice sau electronice, ele bazîndu-se în general pe posibilitatea acestora de a-și roti echipajul mobil cu un unghi proporțional cu numărul de rotații, recepționat prin intermediul unui arbore mecanic sau electric.

Controlul sistemului de frînare. În cazul utilizării sistemelor de frînare cu aer, pentru controlul presiunilor din rezervor și din circuit se folosesc manometre și uneori sesizoare cu lampă martor.

Controlul sistemului de transmisie (tracțiune). La autovehiculele cu tracțiune multiplă se utilizează sesizoare cu lampă martor, care indică cuplarea celorlalte diferențiale.

În afară de cele arătate mai sus, se mai practică utilizarea de lămpi martori pentru controlul semnalizării schimbării de direcție (viraj), a funcționării sistemului de climatizare, a farurilor de distanță (fază mare) etc. Toate acestea au elementele de sesizare încorporate funcțional în însăși aparatele respective.

Aparatele care controlează diversele sisteme funcționale ale autovehiculelor sînt în cea mai mare parte aparate indicatoare, fără a asigura posibilitatea unor măsurări mai mult sau mai puțin precise a valorilor. Din acest motiv scara unora din aceste aparate nu este numerică avînd în locul cifrelor domenii colorate, cărora le corespunde o funcționare corectă sau defectuoasă a sistemului funcțional controlat. În general *domeniul verde* corespunde unei funcționări corecte a sistemelor controlate, iar cel *roșu* unei funcționări defectoasă. Alte culori (de exemplu alb) sînt utilizate pentru a marca o funcționare nepericuloasă pentru sistem și autovehicul, dar în afara regimului optim a acestuia.

Unele aparate au scările prevăzute și cu cifre, pe lîngă zonele colorate, sau chiar numai cu cifre, fără a se indica unitatea de măsură. Excepțic de la aceasta, fac vitezometrele și tachometrele care au scară numerică avînd indicată și unitatea de măsură.

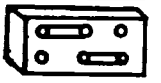
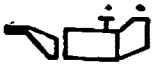
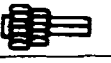
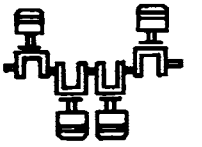
Scările aparatelor purtau înainte scris, fie denumirea aparatului, fie o noțiune care amintește utilizarea acestora (de exemplu curent, ulei, apă etc.). Unii constructori utilizează încă acest sistem. Pentru a se ușura înțelegerea în orice limbă a destinației funcționale a aparatului, astăzi se utilizează simboluri internaționale. În tabelul 14.1 sînt date simbolurile utilizate pentru diverse aparate.

Scările vitezometrelor și a tachometrelor sînt numerice și au indicate mărimile de măsurat.

Aparatele de control montate singulare sau încorporat în tablouri de bord sau aparate combinate sînt studiate într-o combinație estetică adecvată arhitecturii generale a bordului și interiorului. Bineînțeles se ține seama și de aspectul economic, în special în cadrul execuției standard a autovehiculului.

Tabelul 14.1

Idiograme de măsură şi control pentru autovehicule

Denumirea aparatului	Utilizări	Simbol
Indicator curent Indicator de tensiune Martorul încărcare baterie	Controlul sistemului de alimentare cu energie electrică	
Indicator de temperatură Martorul sesizorului de temperatură	Controlul temperaturii apei de răcire motor	
Indicator de presiune Martorul sesizorului de alertă presiune	Controlul presiunii uleiului de ungere motor	
Indicator nivel combustibil Martorul sesizorului de alertă combustibil	Controlul rezervorului combustibil	
Vitezometru	Controlul parametrilor de mers ai autovehiculului	
Tachometru	Idem	
Vitezograf	Idem	
Manometru aer	Sistemul de frînare	

14.3. CLASIFICAREA APARATELOR DE MĂSURARE ŞI DE CONTROL DUPĂ TIPUL (PRINCIPIUL) CONSTRUCTIV

Funcţionarea aparatelor utilizate pentru controlul funcţional al autovehiculelor se bazează pe principii şi fenomene destul de variate cunoscîndu-se astăzi o diversitate destul de mare de aparate de control pentru aceeaşi destinaţie funcţională.

În tabelul 14.2 se face o clasificare a aparatelor de control după principiul de funcţionare a dispozitivului de măsurat, arătîndu-se şi destinaţia acestora.

Sesizoarele de alertă sînt în general relee, folosind diverse moduri de acţionări: electromagnetice; termice; magnetice; electronice; mecanice prin intermediul fluidelor, pîrghiilor, arcurilor etc.

Tabelul 14.2

Aparate electrice de măsurat și control pentru autovehicule

Tipul aparatului	Principiul funcțional al dispozitivului de măsurat	Tipul funcțional al transmițătorului (traductor)	Mărimile ce pot fi controlate (denumire aparat)
1	2	3	4
Magnetoelectric	Magnet permanent fix și cadru mobil Cale de curent fixă și magnet solidar cu echipajul mobil	—	Tensiune (voltmetru) Curent (ampermetru)
Electromagnetic	Bobină fixă (sau cale de curent) și paletă de fier moale solidară cu echipajul mobil	—	Curent (Ampermetru)
Termic	Element termobimetalic simplu cu încălzire indirectă Element termobimetalic dublu, cu încălzire indirectă	Termobimetalic de tip cu impulsuri Rezistiv (potențiometric)	Curenți de intensități mici și tensiuni cu domenii reduse de variație (directe fără transmițători) Temperaturi, presiuni capacități volumetrice (indirecte cu transmițător)
Logometric	Magnetoelectric Electromagnetic	Rezistiv pentru ambele cazuri	Temperaturi, presiuni capacități volumetrice (indirecte cu transmițător)
Magnetodinamic	Cuplaje magnetice cu sau fără dispozitiv integrator sau de înregistrare grafică	Priză mecanică cu transmisie prin arbori flexibili	Viteză exprimată în km/h sau rot/min Înregistrare mecanică sau grafică a parcursului
Electrodinamic	Aparat indicator cu dispozitiv de măsurat electrodinamic sau electromagnetic (Voltmetru) cu sau fără integrator electromecanic	Tahogenerator trifazat cu sau fără generator de impulsuri	Viteză exprimată în km/h sau rot/min Înregistrare a distanței parcurse
Electronic	Dispozitiv electronic integrator cu aparat de măsură de tip obișnuit (miliampermetru)	Generator de impulsuri inductiv (Se poate folosi primarul bobinei de inducție la motoare cu benzină)	Viteze exprimate în km/h sau rot/min

Tabelul 14.3

Sesizoare de alertă pentru autovehicule.

Tipul sesizorului	Principiul funcţional al dispozitivului de alertă	Mărimile sau sistemele ce pot fi controlate
Electromagnetic	Releu electromagnetic de tensiune cu contacte normal închise sau normal deschise	Prezenţa tensiunii în sistemul de alimentare al schemei electrice
Termic	Releu cu lamă termobimetalică, avînd contacte normal închise	Temperatura limită admisă (maximă) pentru sistemul de răcire al motorului termic
Magnetic	Releu (tip Reed) cu contacte normal deschise, acţionate de un magnet ce se deplasează proporţional cu mărimea de controlat	Nivelul minim admis în: carterul de ulei, rezervorul de combustibil etc.
Mecanic	Releu cu acţionare pneumatică hidraulică) cu contacte normal închise sau deschise Releu cu pîrghie (tijă); contacte normal deschise	Scăderea presiunii sub limita admisă la sistemele de ungere sau de frînare Acţionarea diferitelor comenzi: mers înapoi, diferenţiale suplimentare etc.

În tabelul 14.3, se dă o clasificare a sesizoarelor de alertă indicîndu-se totodată şi destinaţia acestora.

14.4. PRINCIPALELE CARACTERISTICI ALE SISTEMELOR DE MĂSURARE

14.4.1. APARATE MAGNETOELECTRICE (CU CADRU MOBIL)

Acest tip de aparat, este relativ puţin utilizat în echipamentul de control auto din cauza sensibilităţii lui mari, a construcţiei relativ puţin robuste şi a preţului lor ridicat.

Utilizarea mai frecventă a acestui tip de aparat este ca receptor pentru termocuplele montate în duzele de ajutaj a motoarelor cu reacţie, pentru controlul temperaturii gazelor.

Un caz particular de aparat magnetoelectric, utilizat numai în tehnica auto este cel din fig. 14.1 şi 14.2, a cărui dispozitiv de măsurat are următoarele elemente:

— magnetul permanent *3* calat pe axul echipajului mobil;

— un jug de fier *2*, paralel cu calea de curent *1*, dă cuplul rezistent.

Aceste aparate sînt utilizate ca ampermetru auto.

14.4.2. APARATE ELECTROMAGNETICE

Aceste aparate funcţionează pe baza interacţiunii dintre unul sau mai multe elemente mobile construite din materiale magnetice moi, cu fluxul creat de una sau mai multe bobine.

Aparatele electromagnetice pot fi mai uşor adaptate exploatării auto din următoarele motive: au o inerţie a echipajului mobil mult mai redusă şi sînt mai robuste la şocuri mecanice şi electrice, datorită faptului că elementul funcţional mobil nu este bobinat, iar arcurile spirale nu servesc drept căi de curent. Totuşi ele sînt relativ scumpe şi din acest motiv se folosesc numai pentru cazuri mai deosebite, cum ar fi acela de aparat receptor pentru transmiţătoare de tip electronic.

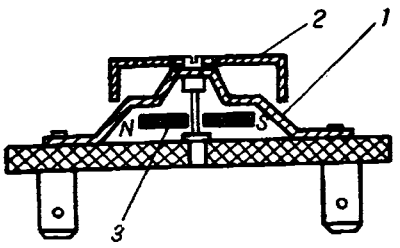


Fig. 14.1

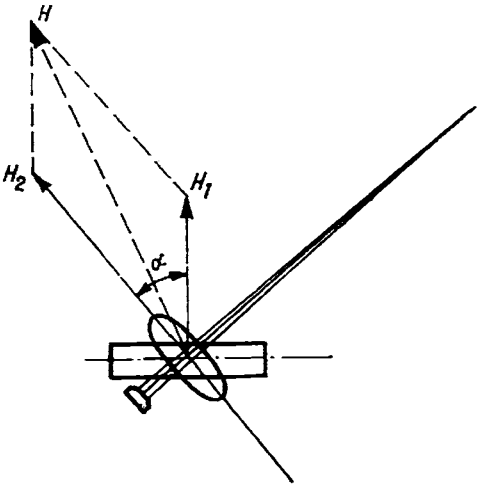


Fig. 14.2

Un caz particular de aparat electromagnetic, folosit în exclusivitate în tehnica de măsurări şi control auto, este cel reprezentat schematic în fig. 14.3 şi fig. 14.4 a cărui dispozitiv de măsurat este format din următoarele elemente:

— o cale de curent *1* străbătută de curentul de măsurat;

— o paletă de fier moale *2* calată pe axul echipajului mobil şi un magnet permanent *3*, care produce cuplul antagonist, (rezistent) motiv pentru care aparatul poartă şi denumirea de aparat electromagnetic polarizat.

Aparatul descris mai sus este un aparat simplu şi robust, evitîndu-se în construcţia lui complicaţiile tehnologice datorate înfăşurărilor care lipsesc.

Calea de curent este executată prin ştanţare din tablă de alamă sau prin turnare din aliaje uşor fuzibile (Sn-Pb-Cd sau Zn-Al-Mg).

Magnetul se execută din aliaje magnetice dure de tip ALNICO sau ferite (ceramici). Pentru cazul aparatului cu magnet calat pe ax, magnetul ceramic este mai indicat, deoarece dă o inerţie mai mică echipajului mobil.

Axul se execută din oţel uşor aliat cu Ni şi se tratează în atmosferă neutră pentru a evita decarburările şi oxidările.

Lagărele, executate din alamă dură, sînt prevăzute cu rezervoare în care se introduce ulei siliconic avînd viscozitatea de circa 1000 cSt în vederea unei bune amortizări a oscilaţiilor proprii ale acului indicator, precum şi a celor datorate vibraţiilor transmise aparatului din exterior.

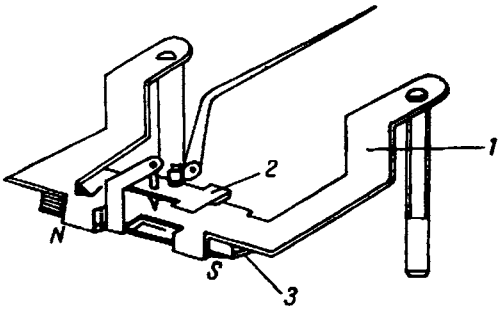


Fig. 14.3

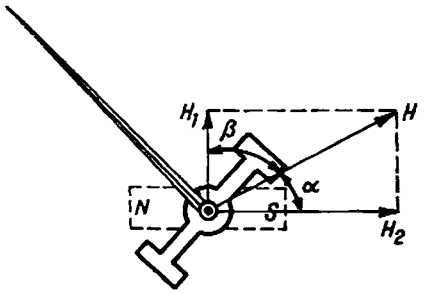


Fig. 14.4

Sistemul inerţial al echipajului mobil şi amortizarea trebuie astfel realizate încît oscilaţiile datorate conectării bruşte la I_{max}, să se amortizeze în maximum 1...2,5 s.

Pentru dimensionarea sistemului inerţial şi amortizării, trebuie ţinut cont şi de alte condiţii tehnice ca: decolarea acului, sensibilitate etc.

14.4.3. APARATE TERMOELECTRICE AUTO (CU BIMETAL)

Dispozitivul de măsurat al unui astfel de aparat este compus din următoarele elemente:

— elementul electrotermic constituit dintr-un fir cu rezistivitate mare prin care trece curentul proporţional cu mărimea de măsurat;

— elementul termosensibil care transmite echipajului mobil o deplasare echivalentă valorii curentului din elementul electrotermic;

— echipajul mobil al acului indicator care se mişcă sub acţiunea elementului termosensibil.

Spre deosebire de aparatele studiate anterior, echipajul mobil nu este legat fenomenologic de partea activă a dispozitivului de măsurat. La aparatele de genul acesta între elementele active ale dispozitivului de măsurat şi echipajul mobil există o legătură mecanică.

O altă particularitate a acestor aparate este aceea că ele măsoară mărimi de forma:

$$I_{ef}^2 = \frac{1}{T}\int i_{mac}^2 \, dt, \tag{14.1}$$

și datorită inerției lor relativ mari ca o consecință a principiului de funcționare, pot integra fenomene periodice în care prezența curentului este de foarte scurtă durată, în raport cu perioada ciclului.

În general aceste aparate pot măsura:

— direct: curenți relativ mici; tensiuni proporționale cu curenții ce trec prin elementul electrotermic;

— indirect: (prin intermediul unor traductoare): temperaturi, presiuni; capacități de recipienți (rezervoare) exprimate în fracțiuni ale acestora.

La măsurările indirecte rolul traductoarelor este acela de a stabili relațiile: $I = f(\theta)$; $I = f(p)$ și $I = f(V)$; θ; p și V fiind respectiv: temperatura, presiunea și volumul de măsurat, iar I fiind curentul efectiv ce trece prin aparatul termic.

Funcționarea aparatelor electrotermice auto. Elementul termosensibil al dispozitivului de măsurat este format dintr-o placă de termobimetal, ștanțată după o formă ca în fig. 14.5, *a* pe care este înfășurat un conductor rezistiv de obicei cromnichel, care constituie elementul electrotermic al dispozitivului. Forma din fig. 14.5, *b* a fost astfel aleasă pentru

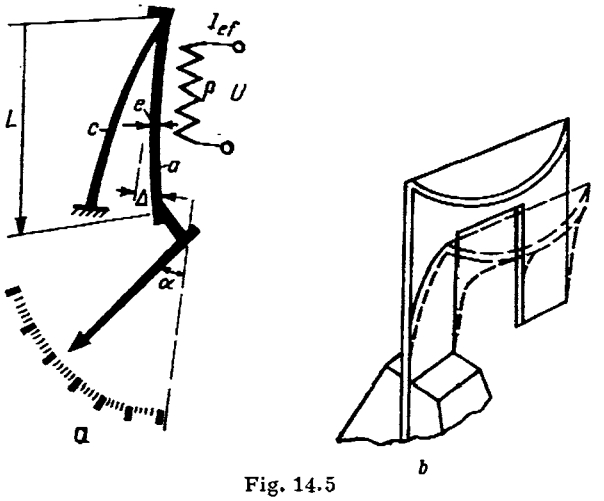


Fig. 14.5

a face elementul termosensibil independent de temperatura mediului ambiant.

Dacă placa ar fi executată cu un singur braț încastrat este evident că extremitatea liberă a brațului s-ar deplasa în funcție de temperatura ambiantă, ceea ce ar necesita o punere la zero a aparatului de cîte ori se schimbă temperatura mediului ambiant, lucru ce l-ar face impropriu utilizării pentru autovehicule.

În cazul formei din fig. 14.5, *b* se observă în fig. 14.5, *a* că braţul *c* (numit şi braţ de compensare) fiind încastrat la unul din capete, deplasarea celuilalt capăt se transmite punţii de legătură *p*, care din motive de echilibru a sistemului menţine capătul liber al braţului *a* (numit şi braţ activ) invariabil, în cazul în care temperaturile celor două braţe sînt egale între ele şi deci egale cu temperatura ambiantă.

Prin înfăşurarea braţului activ trece un curent proporţional cu mărimea de măsurat.

Deflecţia braţului activ va avea forma cunoscută, pentru lamelele înguste de termobimetal încastrate la un capăt, şi anume

$$\Delta = \theta V \frac{L^2}{2e} \tag{14.2}$$

unde: $\theta = \theta_a - \theta_0$ reprezintă diferenţa de temperatură între braţul activ şi cel de compensaţie, atunci cînd prin înfăşurarea acestuia trece un anumit curent;

$V = \frac{3}{2}(\lambda_2 - \lambda_1)$ este coeficientul lui Villarceau constant pentru un anumit bimetal;

λ_1 şi λ_2 sînt coeficienţii de dilatare ai celor doi constituenţii ai termobimetalului;

L este lungimea liberă a braţului activ;

e — grosimea bimetalului.

Notînd cu W energia disipată de înfăşurarea braţului activ vom putea scrie

$$W = K\theta \tag{14.3}$$

unde: K este un coeficient care înglobează o serie de elemente legate de transmisia şi absorbţia de căldură a lamei termobimetalice. Acest coeficient depinde de geometria lamei şi se exprimă în W/°C. Luînd în consideraţie relaţiile (14.2) şi (14.3) deflexia braţului activ al bimetalului va căpăta forma

$$\Delta = \frac{W}{K} V \frac{L^2}{2e}. \tag{14.4}$$

Deflexia bimetalului acţionînd asupra echipajului mobil printr-o articulaţie mecanică are totdeauna expresia

$$\alpha = a\Delta \tag{14.5}$$

unde a este un coeficient de multiplicare a mişcării dat de sistemul de articulaţie adoptat.

Pentru că energia disipată depinde de curentul efectiv ce trece prin înfăşurarea braţului activ $\left(W = RI_{ef}^2 \text{ sau } W = \frac{U^2}{R}\right)$, avînd în vedere pe (14.4) şi (14.5) se poate scrie

$$\alpha = a\frac{R}{K}\sqrt{\frac{L^2}{2e}}I_{ef}^2 \text{ sau } \alpha = \frac{a}{KR}\sqrt{\frac{L^2}{2e}}U^2, \tag{14.6}$$

din care rezultă că în cazul măsurării unui curent sau tensiuni (prin măsurare directă) aparatul are o scară pătratică.

În cazurile în care aparatul va avea de măsurat alte mărimi (temperaturi, presiuni etc.) caracterul scării va fi altul. În cazul în care aparatul măsoară mărimi neelectrice, aparatul descris mai sus lucrează împreună cu traductoare adecvate mărimii de măsurat.

Aparatele termice de acest tip, pot lucra cu traductoare de tip cu impuls sau de tip cu reostat (rezistivi).

14.4.4. TRADUCTOARE DE TIP CU IMPULS

Aceste traductoare sînt nişte generatoare de impulsuri, care întrerup şi restabilesc periodic circuitul de măsurare variind timpul de menţinere în poziţia închis a contactelor şi în felul acesta rezultă o variaţie

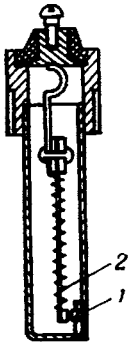


Fig. 14.6

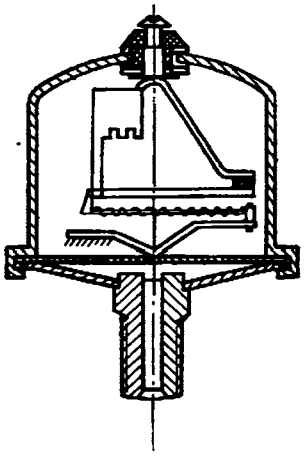


Fig. 14.7

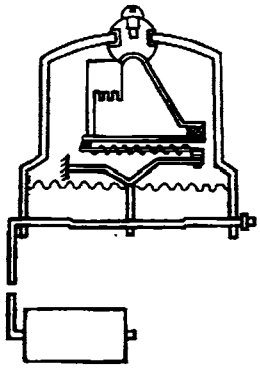


Fig. 14.8

a lui I_{ef} dependentă de mărimea neelectrică de măsurat. În fig. 14.6... ...14.8 sînt arătate cele trei traductoare cu impulsuri, în ordine pentru : temperaturi, presiune şi nivel.

În fig. 14.9 este dată grafic forma curentului pulsatoriu unde:

t_1 — timpul în care contactele stau închise şi circuitul prin traductor + aparat trece curentul maxim;

t_2 — timpul în care contactele sînt deschise şi $I = 0$

$t_1 + t_2 = T$ — perioada întreruperilor.

Expresia curentului efectiv este în acest caz

$$I_{ef}^2 = \frac{1}{T}\int_0^{t_1} I_{max}^2 \, dt = I_{max}^2 \frac{t_1}{T}$$

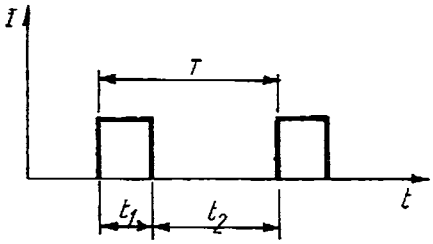


Fig. 14.9

sau

$$I_{ef} = I_{max}\sqrt{\frac{t_1}{t_1 + t_2}}. \qquad (14.7)$$

Din această expresie a curentului efectiv se deduce o condiţie de compatibilitate funcţională a traductorului cu instrumentul

$$\frac{W_i}{W_t} = \frac{R_i}{R_t}$$

şi anume că între cantităţile de energie disipate de înfăşurările celor două elemente (traductor-indicator) şi rezistenţele lor există acelaşi raport.

Traductorul de temperatură cu impulsuri. Pentru înţelegerea principiului de funcţionare trebuie introduse următoarele noţiuni:

— θ_k — temperatura critică a traductorului definită ca temperatura limită maximă la care contactele acestuia nu se deschid;

— θ_a — temperatura mediului ambiant, care este de fapt temperatura ce se măsoară;

— θ — temperatura datorată energiei disipate de rezistenţa înfăşurării traductorului R_t.

θ_k este ales în funcţie de valoarea maximă a temperaturii de măsurat θ_a. Astfel, în cazul măsurării temperaturii apei de răcire a motorului termic se ia $\theta_k \approx 110°C$.

Condiţia de funcţionare a traductorului termometric este dată de relaţia

$$\theta_a + \theta > \theta_k,$$

deoarece numai în acest caz contactele se deschid şi deci traductorul intră în regimul său de impulsuri.

Temperatura θ_k defineşte geometria lamei de termobimetal pentru o anumită calitate a acestuia. Într-adevăr considerînd că avem nevoie de

o anumită forță limită care să nu permită contactelor să se deschidă, aceasta va fi

$$P_{lim} = \theta_k VE \frac{le^2}{8L}$$

unde în afară de notațiile cunoscute anterior mai avem:

E este modulul de elasticitate;

l — lățimea bimetalului.

Cum valoarea lui l se ia maximum 4 mm pentru ca formulele folosite pentru bimetale să fie valabile, se neglijează deformările în direcția lățimii acestora, și rezultă valoarea lui L pentru o calitate de bimetal aleasă.

Pentru a determina graficul de variație a funcției $I_{ef} = f(\theta_a)$ este necesar să se recunoască t_1, t_2 și $T = t_1 + t_2$.

La determinarea lui t_1 trebuie avut în vedere că termobimetalul prin deformare este necesar să dezvolte o anumită forță $P \geqslant P_c$, care reprezintă presiunea pe contact P_c. Acestei forțe îi va corespunde o temperatură $\theta_a + \theta$, unde θ este cea definită anterior. În acest caz este valabilă relația

$$P_c = (\theta + \theta_a)\, VE \frac{le^2}{8L} = \left(\frac{W}{k} t_1 + \theta_a\right) VE \frac{le^2}{8L},$$

de unde rezultă

$$\frac{W}{k} t_1 A = P_c - A\theta_a,$$

unde pentru simplificare am notat $VE \frac{le^2}{8L} = A$, care are o valoare constantă ce depinde numai de calitatea termobimetalului și geometria acestuia. În acest caz

$$t_1 = \frac{k}{W} \frac{P_c - A\theta_a}{A}. \tag{14.8}$$

Pentru a determina pe t_2 se pornește de la ecuația generală care dă răcirea plăcii termobimetalice, și anume

$$\frac{\partial t}{\partial \tau_a} = a \operatorname{div} \operatorname{grad} \theta + \frac{M}{\gamma_{ep}},$$

care prin integrare dă

$$\theta - \theta_e = (\theta_0 - \theta_e)\, e^{-\tau t}$$

În acest caz

$$\theta = \theta_a; \qquad \theta_0 = \theta';$$

$$\theta_c = \theta_k; \qquad \tau = k,$$

unde: θ este temperatura iniţială;
k — un coeficient dependent de proprietăţile şi geometria termobimetalului

şi atunci

$$\theta' - \theta_k = (\theta_a - \theta_k)\, e^{-kt_2};$$

$$t_2 = \frac{1}{k} \ln \frac{\theta_a - \theta_k}{\theta' - \theta_k},$$

cum $\theta_k = P_c/A$, rezultă pentru t_2 expresia

$$t_2 = \frac{1}{k} \ln \frac{A\theta_a - P_c}{A\theta' - P_c}. \tag{14.9}$$

Cunoscînd pe t_1 şi t_2 expresia lui I_{ef} devine

$$I_{ef} = I_{max} \sqrt{\frac{\frac{k}{W}\frac{P_c - A\theta_a}{A}}{\frac{k}{W}\frac{P_c - A\theta}{A} + \frac{1}{k} \ln \frac{A\theta_a - P_c}{A\theta' - P_c}}} \tag{14.10}$$

şi dacă facem înlocuirea

$$\frac{W}{k} = \theta = \theta' - \theta_a,$$

obţinem expresia

$$I_{ef} = I_{max} \sqrt{\frac{k(P_c - A\theta_a)}{k(P_c - A\theta_a) + (\theta' - \theta_a) A \ln \frac{A\theta_a - P_c}{A\theta' - P_c}}} \tag{14.10'}$$

În cazul traductorului de temperatură, singura variabilă este temperatura mediului ambiant, pentru că presiunea pe contact P_c este stabilită o dată pentru totdeauna la reglarea prin poziţionarea şurubului de contact *2* din fig. 14.6. Deci în cazul traductorului de temperatură se

stabilește funcțional relația $I_{ef} = f(\theta_a)$, θ_a fiind temperatura de controlat.

În cazul traductorului de presiune și de nivel, fig. 14.7 și 14.8, variabilă este presiunea pe contacte P_c, θ_a (temperatura ambiantă) putînd fi considerată practic constantă ca acțiune asupra lamei bimetalice, aceasta avînd un braț de compensare, așa cum se vede în fig. 14.5, *b*.

Variația presiunii pe contact P_c este funcție de presiunea care acționează asupra membranei deformînd-o elastic, sau de nivelul lichidului din rezervor prin schimbarea poziției flotorului (fig. 14.7 și 14.8).

Aparatele indicatoare care funcționează cu traductoare cu impulsuri au scara neregulată. Într-adevăr introducînd expresiile (14.10 și 14.6) găsim relația

$$\alpha = a \frac{R}{k} V \frac{L^2}{2e} I_{max}^2 \frac{k(P_c - A\theta_a)}{k(P_c - A\theta_a) + (\theta' - \theta_a) A \ln \frac{A\theta_a - P_c}{A\theta' - P_c}},$$

în care variabile sînt fie θ_a, fie P_c, după utilizarea funcțională care se dă dispozitivului de măsurat al traductorului de impulsuri. Dacă în relația (14.10) numitorul capătă valoarea

$$T = \frac{k}{W} \frac{P_c - A\theta}{A} + \frac{1}{k} \ln \frac{A\theta_a - P_c}{A\theta' - P_c} = 1 \text{ s},$$

ceea ce practic întotdeauna este posibil prin alegerea judicioasă a temperaturii critice; atunci relația (14.10) devine

$$I_{ef} = I_{max} \sqrt{\frac{k}{W} \frac{P_c - A\theta_a}{A}}$$

și cum $W = RI_{max}^2$ rezultă

$$I_f = \sqrt{\frac{k(P_c - A\theta_a)}{R A}},$$

deci curentul efectiv generat de traductorul cu impulsuri este independent de curentul maxim și deci de variația tensiunii circuitului. Practic $T = 1$ s se păstrează invariabil pentru domenii restrînse de tensiune.

Aparatele electrotermice au o serie de avantaje care le fac proprii exploatării auto:

— sînt în foarte mică măsură influențate de vibrații;

— amortizările nu influențează sensibilitatea aparatului;

— sînt autocompensate la influența parametrilor externi (tensiune, temperaturi).

În același timp au și o serie de dezavantaje cum ar fi:

— înfășurările pe bimetal nu sînt suficient de sigure datorită frecării izolației în timpul funcționării;

— chiar dacă izolaţia este din fire de sticlă, solicitarea termică la care este supusă, reuşeşte să o îmbătrînească relativ repede;

— contactele traductoarelor cu impulsuri, avînd o funcţionare continuă, implică o serie de dificultăţi tehnologice de execuţie cum ar fi: şlefuirea lor, planeitatea etc. Pentru a fi scoase de sub pericolul acţiunii agenţilor corodanţi, se recomandă scoaterea aerului umed şi introducerea în locul acestuia, a aerului cald şi uscat, după care carcasa se etanşează perfect.

Particularităţi constructive ale aparatelor termice şi traductoarelor cu impulsuri. Termobimetalele care constituie principalul element al dispozitivului de măsurat sînt materiale de utilizare curentă, în sensul că nu li se impune garantarea altor caracteristici decît cele uzuale. (Nu se impun anumite valori limită pentru rezistivitate). Totuşi în alegerea sortimentului de termobimetal trebuie avute în vedere anumite caracteristici. Astfel, pentru aparatul indicator este indicat a se alege termobimetalul mai sensibil, respectiv cu un coeficient al lui Villarceau mai mare, pe cînd pentru traductor este necesar un sortiment cu un modul de elasticitate mai mare.

Conductorul din material rezistiv este în general din crom-nichel izolat cu material rezistent la temperatură (fire de sticlă). Firul izolat trebuie să nu fie prea gros ca să nu rigidizeze lama bimetalică.

Pentru a obţine un bobinaj rezistent solicitărilor din funcţionare, termobimetalul trebuie să aibă muchiile complet debavurate şi rotunjite. Tot din acelaşi motiv se recomandă ca lama termobimetalică să fie lăcuită. Contactele traductoarelor se recomandă a fi din aliaj Cu-Ag şi Mg-Ag (perechi) sau, în ultimul timp, din paladium. În vederea unei bune funcţionări acestea se lustruiesc cu discuri de pîslă îmbibată cu oxizi duri.

Echipajele mobile prezintă diferite variante constructive reprezentate în fig. 14.10, unde apare şi lama bimetalică cu cele două braţe *1* şi *2*. În toate cazurile cuplurile anatagoniste sînt date de:

— o lamelă din bronz cu beriliu sau bronz fosforos în cazul *a*; de frecarea în lagăre plus un arc montat pe ax în cazul *b*; de lamela termobimetalică *1'* în opoziţie cu *1* în cazul *c*.

Punerea la punct (reglajul) aparatelor indicatoare se face prin deplasarea sectoarelor dinţate *4* şi *5*. La traductoare acest lucru se execută prin reglarea presiunii pe contacte P_c pentru punctul iniţial al scării, lucru care este posibil fie cu ajutorul unui şurub de reglaj, fie cu ajutorul unei came.

14.4.5. TRADUCTOARE DE REZISTENŢĂ VARIABILĂ (REZISTIVE)

Acestea sînt în principiu nişte rezistenţe variabile, (reostate) cu cursor, a căror valoare variază în funcţie de mărimea neelectrică de măsurat. Excepţie fac traductoarele de temperatură unde rezistenţa o constituie

fie o formaţie de rezistenţe dispuse în punte sau, în ultimul timp, un termistor de măsură, a cărui caracteristică de variaţie inversă a rezistenţei cu temperatura (α negativ) este determinată.

Dispozitivul de măsurat al traductoarelor cu reostat este compus din următoarele elemente:

— elementul sensibil poziţional variabil cu mărirea de măsurat;
— elementul traductor electric;
— elementul mecanic amplificator şi transmiţător al mişcării.

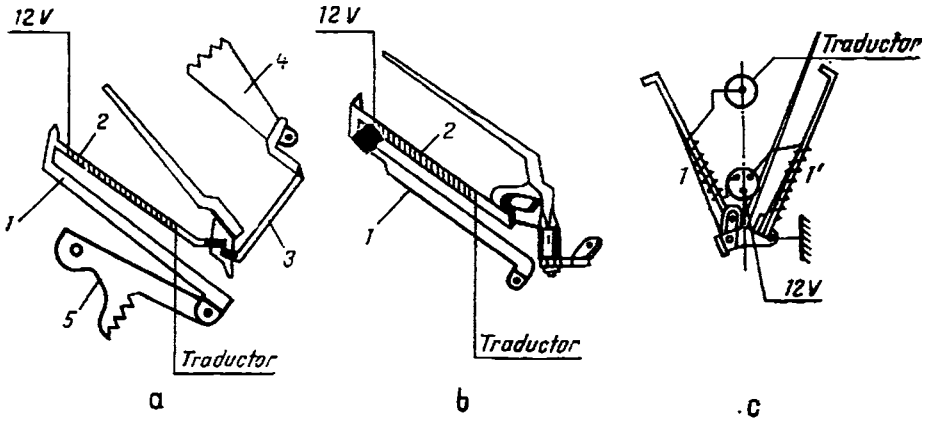


Fig. 14.10

Tipul elementului sensibil diferă constructiv funcţie de mărimea neelectrică care trebuie transformată în mărime electrică. În cazul traductorului termometric elementul sensibil este constituit dintr-un termistor. Este deci un element static de aceea elementul mecanic de legătură dispare, iar traductorul electric este comun cu elemental sensibil. În fig. 14.11, *a* este dat schematic un astfel de traductor, iar în fig. 14.11, *b* variaţia rezistenţei termistorului (montat în tubul de protecţie) cu temperatura.

Elementul semiconductor se alege astfel, încît în plaja de măsurare să aibă o eroare minimă. În afară de aceasta este necesar să se ţină cont şi de eroarea datorată căldurii disipate prin trecerea curentului prin semiconductor în cazul cel mai defavorabil (atunci cînd acesta este maxim). La traductoarele de presiune de acest tip elementul sensibil este constituit dintr-o membrană care se deformează elastic sub acţiunea presiunii uleiului.

Elementul traductor electric este constituit dintr-o rezistenţă bobinată pe un suport izolant, bornele acesteia fiind conectate: una la masa aparatului şi cealaltă la aparatul indicator.

Elementul mecanic transmiţător şi amplificator al mişcării este constituit dintr-un sistem de pîrghii, în general de tip pantografic, avînd ca legături cinematice un capăt prins rigid de membrană, iar celălalt prin intermediul unei articulaţii sau lagăr, la cursorul rezistenţei. Acest

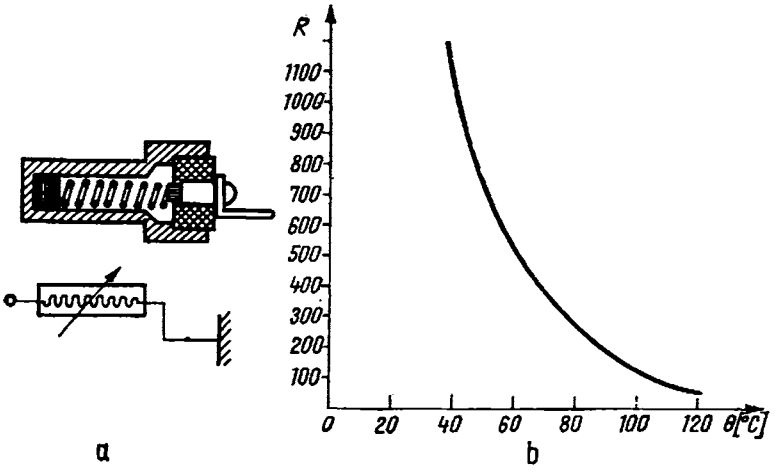


Fig. 14.11

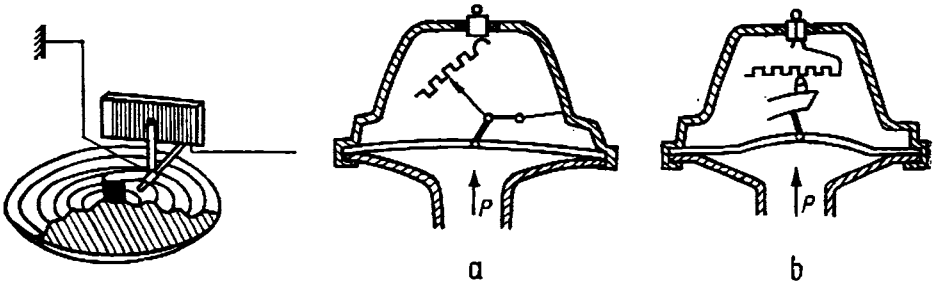


Fig. 14.12

sistem este completat cu un arc elicoidal, care readuce cursorul înapoi la scăderea presiunii.

În fig. 14.12, *a* şi *b* este arătat schematic un traductor de presiune, unde se vede legătura dintre cele trei elemente. Mecanismul amplificator constituie şi calea de curent cursor-masă.

Traductorul de presiune stabileşte, prin intermediul celor trei elemente ale dispozitivului de măsurat, relaţia

$$R_p = K \cdot \Delta$$

în care: K este un coeficient dat de mecanismul de amplificare, iar Δ (deplasarea membranei) este o funcție de p. Curba $\Delta = f(p)$, fiind în primul rînd o problemă de material, se ridică experimental. Rezistența traductorului este dată de relația

$$R_t = W_s \cdot l_m$$

în care W_s este numărul de spire;

l_m — lungimea medie a spirei, care poate fi constantă sau variabilă după geometria adoptată pentru suportul rezistenței.

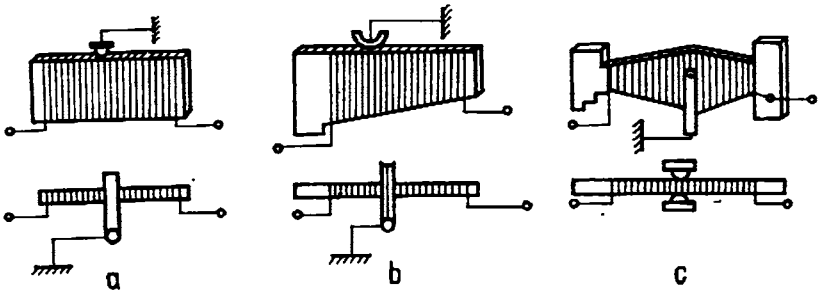


Fig. 14.13

În fig. 14.13, *a*, *b* și *c* sînt date diferite forme pentru suportul rezistenței. Ele se aleg în general astfel, încît să favorizeze funcționarea aparatului din punct de vedere a mărimii scării și împărțirii acesteia.

Dimensiunile suportului rezistenței, se pot afla prin calcul geometric, obișnuit, ținînd cont de:

— lungimea utilă maximă posibilă, determinată de gabaritul aparatului;

— lungimea medie a spirei sau variația acesteia;

— distanța dintre spire (pasul, înfășurării).

Traductoarele de nivel rezistive au elementul sensibil constituit dintr-un plutitor, a cărui braț oscilează în jurul unui ax solidar cu cursorul rezistenței. Elementul de transmisie al mișcării este constituit din brațul plutitorului, ax și lagăr. În rest același lucru ca la traductorul de presiune.

Traductorul stabilește relația $h = f(V)$, în care: V este volumul rezervorului și h — poziția flotorului. Această relație se poate stabili prin calcul sau practic centicubînd rezervorul.

O dată stabilită curba $h = f(V)$, se stabilește apoi relația $R = f(\alpha)$, care este caracteristica transmițătorului (traductorului) și α — este unghiul făcut de brațul flotorului cu orizontala.

Din $h = f(V)$ şi $R = f(\alpha)$ se deduce $R = f(V)$. Se observă un lucru demn de reţinut pentru adaptarea unui traductor pe alt rezervor, că lungimea braţului flotorului este caracteristică pentru un anumit rezervor.

În fig. 14.14 sînt prezentate schematic diferite traductoare la care diferă poziţionarea elementelor dispozitivului de măsurat şi anume:

— elementul traductor electric şi cel de transmisie al mişcării în partea superioară a rezervorului (fig. *a*);

— elementul traductor electric în partea superioară a rezervorului, iar mecanismul de transmisie al mişcării cu articulaţie sus şi jos (fig. *b*);

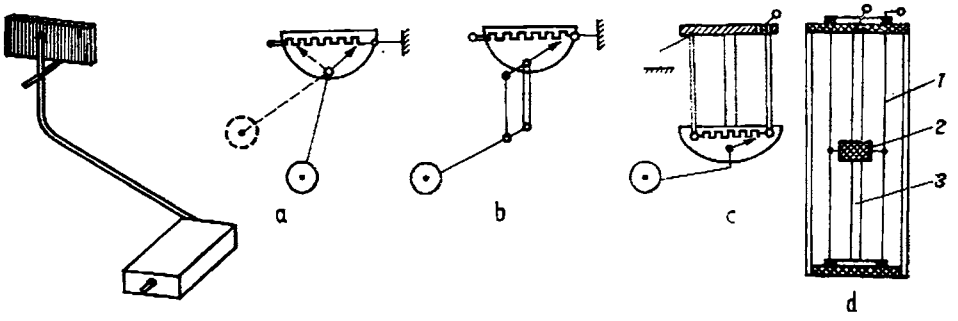


Fig. 14.14

— toate elementele dispozitivului de măsurat sînt la partea inferioară a rezervorului (fig. *c*).

Rezervoarele adînci şi înguste folosesc traductoare de tipul celui din fig. 14.14, *d*, la care elementul sensibil, flotorul *2* glisează pe firul rezistiv *1*, care constituie elementul traductor electric. Elementul transmiţător al mişcării se reduce la bara suport *3* care conduce mişcarea flotorului pe verticală. Acest tip de traductor are dezavantajul că la schimbarea rezervorului trebuie să se schimbe şi aparatul indicator (receptor).

Particularităţi constructive ale traductoarelor cu rezistenţă. Termistorul traductorului termometric este necesar să fie montat în condiţii de contact perfect cu bornele, iar tubul său de protecţie să fie etanş. Pentru obţinerea şi menţinerea unui contact bun care să se păstreze în timpul funcţionării, arcul de contact şi celelalte piese se cositoresc sau se execută din oţel inoxidabil.

Membrana traductorului de presiune se execută din bronz cu beriliu, iar pentru a i se mări elasticitatea şi sensibilitatea i se ondulează suprafaţa.

Suportul rezistenţei, executat din fibră textilă bachelizată (textolit), are muchiile rotunjite pentru a permite o înfăşurare uşoară şi stabilă.

Deoarece răşinile fenolice cu un efect dăunător asupra pieselor în contact electric atacîndu-le, se utilizează materiale textile stratificate cu liant de răşini siliconice.

Conductorul rezistiv este de obicei din cromnichel oxidat, emailat, sau chiar neacoperit. O importanță deosebită o prezintă cursorul rezistenței, care trebuie să asigure o presiune de contact constantă, suficientă pentru a trece fără salturi de la o spiră la alta, dar nu prea mare încît să provoace în mișcarea sa deplasarea spirelor înfășurării rezistive.

Mecanismul de transmitere și amplificarea mișcării trebuie astfel dimensionat, încît să prezinte un moment inerțial cît mai mic, dar în același timp să fie suficient de robust spre a face față solicitărilor din exploatare. Jocurile elementelor în mișcare trebuie astfel alese, încît să ofere sistemului o sensibilitate maximă, însă nu prea mare, așa încît justețea mecanismului (revenirea la poziția inițială) să prezinte un histerezis cît mai mic.

La toate traductoarele rezistive este necesară scoaterea aerului umed și înlocuirea acestuia cu aer uscat în vederea evitării atacării suprafețelor de contact.

Traductoarele, transmițătoarele de tip rezistiv, se pot utiliza și ca aparate indicatoare (receptoare) de tip electrotermic (cu bimetal). Aparatul cu care acestea pot fi folosite este cel din fig. 14.10, *c*). Deoarece indicațiile acestor aparate sînt influențate de variațiile de tensiune din circuit, care pot varia apreciabil (între 12,5...14,5 V), combinația traductor rezistiv-indicator electrotermic este posibilă numai în cazul introducerii unui element stabilizator în circuitul de măsurare. Se poate eventual utiliza în circuit, un element termovibrator de tipul traductoarelor cu impulsuri.

În comparație cu traductoarele cu impulsuri, cele cu element rezistiv prezintă avantajul că au în exploatare o funcționare mai sigură și o fiabilitate mai mare. Ele necesită însă, o execuție îngrijită în special a mecanismelor de transmiterea mișcării contact cursor-rezistență, deoarece în caz contrar se produc perturbații supărătoare în funcționare.

În mod frecvent, utilizarea traductoarelor rezistive se practică împreună cu receptoarele de tip logometric electromagnetice sau magnetoelectrice.

14.4.6. APARATE INDICATOARE AUTO DE TIP LOGOMETRIC

Din cele arătate anterior, rezultă că pentru a se putea măsura variația mărimilor neelectrice ca : temperatură, presiune, volum combustibil, cu aparatură electrică, trebuie ca acestea să fie transformate în mărimi electrice echivalente, prin intermediul traductoarelor. Cum unul din sistemele de măsurare cele mai comode îl constituie traductoarele rezistive în care mărimea neelectrică este funcție de rezistența traductorului, problema se reduce în fond la măsurarea unei rezistențe echivalente cu mărimea neelectrică.

În general problema măsurării unei rezistențe după cum este știut se poate reduce la măsurarea unui curent proporțional cu aceasta și apoi

aplicarea legii lui Ohm. Rezolvarea acestei probleme însă cere ca tensiunea să fie constantă, lucru care nu se întîlneşte după cum am mai arătat, în alimentarea circuitului de măsurare auto. Deoarece utilizarea unui stabilizator de tensiune constituie o soluţie nu prea comodă, problema s-a pus în găsirea unei scheme de măsurare independentă de variaţia tensiunii, în limitele relativ largi ale alimentării schemelor auto. Cînd în 1938 FORD a elaborat ingenioasa soluţie a traductoarelor cu impulsuri se părea că ideea traductoarelor rezistive va fi definitiv părăsită. Totuşi, deoarece acestea din urmă au o serie de avantaje, s-a căutat să se facă posibilă şi folosirea acestui tip de traductoare. Rezolvarea problemei a constat în utilizarea aparatelor indicatoare de tip logometric.

Pentru a înţelege problema vom aminti cîteva noţiuni din teoria logometrelor. După cum se ştie, acest tip de instrument măsoară un raport între două mărimi electrice. Dacă una din aceste mărimi Y_1 o facem dependentă de tensiunea U, iar cea de-a doua mărime Y_2 o facem dependentă în acelaşi timp de U şi rezistenţa R_x a traductorului, echivalentă cu mărimea neelectrică de măsurat, raportul $\frac{Y_1}{Y_2}$ măsurat de aparat, va fi totodată independent de U, şi proporţional cu R_x.

Dispozitivul de măsurat al aparatelor auto de tip logometric este format din următoarele elemente:

— bobina care creează cuplul activ;
— bobina care creează cuplul antagonist;
— echipajul mobil format din:
— ax cu lagăre şi ac indicator;
— magnet sau paletă din fier moale calată pe ax (după cum aparatul este magnetoelectric sau electromagnetic).

Se observă, că la logometre cuplul antagonist este de natură electromagnetică şi din acest motiv se poate considera că acest aparat are două dispozitive de măsurat (cele două bobine), care acţionează asupra aceluiaşi echipaj mobil.

În fig. 14.15 sînt prezentate schematic dispozitivele de măsurat ale unui logometric magnetoelectric *a*, respectiv electromagnetic *b*.

În primul caz cîmpurile create de înfăşurarile bobinelor *1* şi *2* tind să orienteze magnetul permanent calat pe ax după rezultanta acestora.

În cel de al doilea caz paletele *4* şi *5* asupra cărora acţionează cîmpurile bobinelor *1* şi *2* sînt astfel orientate pe ax încît cuplurile lor sînt de sens contrar.

În construcţia de aparate indicatoare auto, servind pentru măsurarea mărimilor neelectrice, se folosesc atît logometre cu magnet permanent, cît şi logometre electromagnetice (cu paletă din fier moale).

În privinţa alegerii lor părerile sînt împărţite. Calităţile lor cum sînt:
— o precizie ceva mai mare;
— un cuplu stabilizant mai mare;
— un domeniu mai mare al scării aparatului;

— o revenire netă la zero fără a necesita contragreutate pe echipajul mobil, reprezintă calităţi ale aparatelor magnetoelectrice. La aceasta se poate adăuga şi o elaborare mai uşoară a produsului. În schimb în comparaţie cu cele electromagnetice dezavantajele sînt următoarele :

— magnetul fixat pe echipajul mobil măreşte greutatea şi momentul de inerţie al acestuia în mod considerabil, ceea ce duce la solicitări mai mari

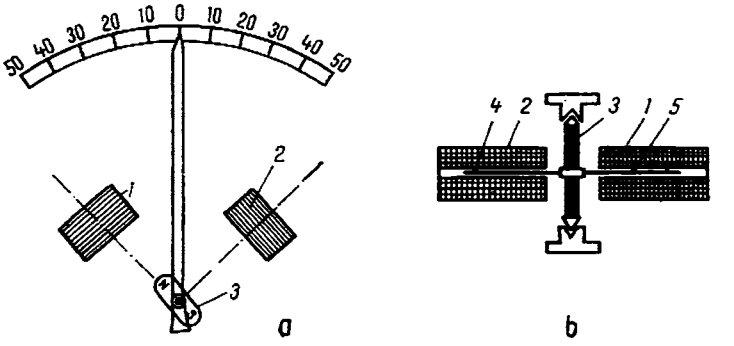


Fig. 14.15

în lagăre, în special în regim de vibraţie, micşorînd durata de viaţă a aparatului ;

— tehnologie mai complicată şi execuţie mai dificilă ;

— este incomparabil mai scump decît cel electromagnetic ;

— cele electromagnetice, în afară de necesitatea unui studiu mai laborios la elaborarea lor pentru a se rezolva problema cuplului stabilizant şi revenirii la zero, au marele avantaj că sînt mai sigure în exploatare (fiabilitate mărită), fiind totodată mult mai ieftine ca urmare a lipsei unor materiale scumpe, cum ar fi magnetul permanent şi datorită execuţiei şi tehnologiei lor mai simple.

Particularităţi constructive ale aparatelor electromagnetice de tip logometric. Paleta în vederea reducerii histerezei magnetice, se execută din fier fără remanenţă (oţel cu procentaj foarte mic de carbon, sau fier armco). Greutatea acesteia se ia cît mai mică pentru a nu mări în total greutatea echipajului mobil şi deci inerţia acestuia. Axul se execută din oţel de îmbunătăţire, executîndu-se un tratament termic (călire) în atmosferă neutră, pentru a nu se oxida suprafeţele fusurilor. Importantă este calitatea suprafeţei fusurilor care pivotează în lagăre.

Lagărele de obicei din alamă foarte tare sînt prevăzute cu rezervoare pentru ulei siliconic de viscozitate mare (200...1000 S) în vederea obţinerii unei bune amortizări a echipajului mobil în funcţionare. Uleiurile siliconice au avantajul că nu-şi modifică decît în limite strînse viscozitatea cu temperatura. Suprafeţele de lucru ale lagărelor trebuie foarte îngrijit

prelucrate pentru a se reduce la minim frecările (agăţările), în funcţionarea echipajului mobil.

Acele indicatoare se execută din duraluminiu de grosime 0,1...0,2 max, pentru a nu mări prea mult inerţia echipajului mobil şi în acelaşi timp să poată avea suficientă rezistenţă la şocurile la care sînt supuse aparatele. Dată fiind finețea reperului, execuţia sa comportă oarecare dificultăţi în special de ordin tehnologic legate de execuţia sculelor.

Aparatele electromagnetice de tip logometric, în variantă de execuţie pentru utilizări auto, sînt instrumente simple robuste, a căror tehnologie şi execuţie este uşoară, în cazul în care se organizează supravegherea atentă a execuţiei cîtorva operaţii importante.

14.4.7. APARATE BAZATE PE PRINCIPIUL CUPLAJELOR MAGNETICE (MAGNETODINAMICE)

În tehnica auto, aceste aparate se utilizează pentru controlul vitezei de mers a autovehiculului sau controlului vitezei de rotaţie a motorului termic.

Aceste aparate sînt legate mecanic la sistemul de transmitere cinematică a autovehiculului şi folosind energia proprie a magnetului perma-

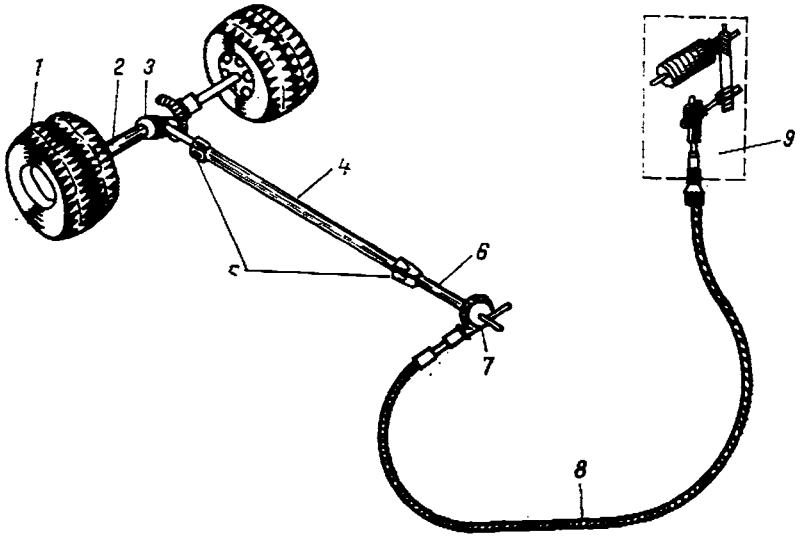


Fig. 14.16

nent, sînt independente faţă de schema electrică a automobilului. Schema cinematică care leagă aparatul de sistemul de transmisie este în principiu cea din fig. 14.16, care cuprinde roata motoare *1*, semiaxa roţii motoare *2*,

grupul diferențial *3*, axa cardanică *4*, articulațiile cardanice *5*, axul cutiei de viteză *6*, priza arborelui flexibil *7*, arborele flexibil *8*, vitezometru *9*. Problema care se pune este de a determina numărul de rotații n_1 a arborelui flexibil (număr de rotații a prizei vitezometrului) pentru 1 km parcurs de automobil.

În cazul tahometrului priza arborelui flexibil se ia la intrare în cutia de viteze, luîndu-se în calcul $i = \frac{n_m}{n_f}$ raportul de transmisie între numărul de rotații a arborelui motor și a arborelui flexibil.

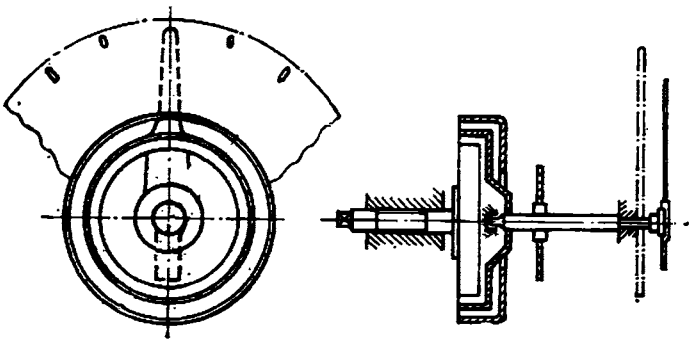


Fig. 14.17

Aparatele de control al parametrilor de parcurs ai autovehiculului (vitezometru), sau cele de control ale regimului de lucru al motorului (tahometru), construite pe principiul cuplajelor magnetice au încorporate în ele de obicei două dispozitive de măsurat:

— dispozitivul de măsurat viteza momentană;

— dispozitivul integrator servind la înregistrarea distanțelor parcurse sau ore convenționale de funcționare.

Dispozitivul de măsurat al vitezei momentane. Acesta funcționează pe principiul cuplajelor magnetice cu curenți Foucault. Elementele dispozitivului de măsurat sînt: (fig. 14.17):

— magnetul permanent cu sistemul de compensare cu temperatura;

— jugul de închidere a circuitului magnetic;

— discul în care se induce tensiunea electromotoare și care, dă naștere curenților Foucault. Acest dispozitiv este calat pe axul echipajului mobil.

Arcul spiral care dă cuplul antagonist ce se opune celui produs de cuplajul magnet-disc. Un reazăm al arcului spiral este pe axul echipajului mobil, iar celălalt pe batiul aparatului. Echipajul mobil propriu-zis este compus din:

— axul cu piesele de echilibrare;

— acul indicator.

Caracteristici constructive şi principiul de funcţionare a dispozitivului de măsurare a vitezei. Principiul de funcţionare constă în aceea că magnetul rotindu-se cu viteza transmisă de arborele flexibil, induce în discul din faţa sa, curenţi Foucault a căror intensitate variază cu viteza cîmpului învîrtitor produs de magnetul permanent în rotaţe. Datorită acestui fenomen se produce un cuplu activ care tinde să rotească discul şi deci echipajul mobil cu care acesta este legat solidar.

Caracteristica cuplajului magnetic $M = f(n)$ fig. 14.18 este în principiu liniară.

Expresia cuplului produs de cîmpul învîrtitor al magnetului este

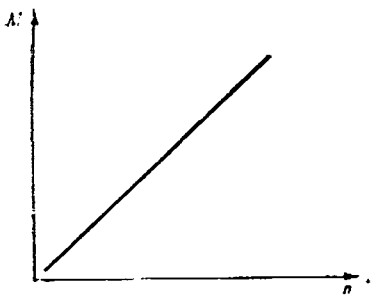


Fig. 14.18

$$M_1 = K_1 \Phi I$$

unde

$$E = K_2 \Phi \omega;$$

$$I = K_3 \frac{E}{\rho};$$

ω este viteza unghiulară
ρ — rezistenţa discului,

deci

$$M_1 = K_1 K_2 K_3 \frac{\Phi^2 \omega}{\rho}$$

Dacă se folosesc notaţiile:

X — grosimea discului;
a — lungimea braţului de pîrghie;
A — suprafaţa polului magnetic;
θ — coeficient dependent de integritatea căilor de curent Foucault,

rezultă

$$M_1 = \frac{\Phi^2 a^2 X \omega}{10^3 A \theta \rho}.$$

Se observă că momentul activ produs de rotirea magnetului permanent depinde de $\Phi^2 X$. Deoarece Φ^2 depinde de mărimea întrefierului, care la rîndul său depinde constructiv de X, ne propunem să determinăm valoarea pentru cure X este optim (M_1 = maxim). Pentru aceasta considerăm (fig. 14.19, *b*) G egal cu întrefierul total la un capăt şi M partea liberă (aer) din întrefier, deci $G = M + X$.

Deaorece $\Phi = f(G)$ are un caracter liniar într-un interval restrîns $\left(M_1 \alpha \Phi^2 X - \frac{M \alpha X}{G^2}\right)$ putem scrie că

$$M_1 \alpha \frac{G - M}{G^2} = \alpha \left(\frac{1}{G} - \frac{M}{G^2}\right).$$

Diferențiind pe M_1 în raport cu G rezultă

$$\frac{dM_1}{dG} = -\frac{1}{G^2} + \frac{2M}{G^3} = 0,$$

de unde reiese că M_1 este maxim pentru $G = 2M$ sau $M + X = 2M \rightarrow M = X$. În concluzie rezultă că pentru a se obține un cuplu

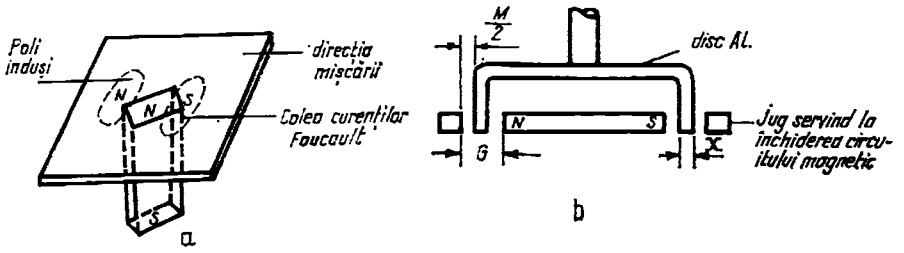


Fig. 14.19

maxim la dispozitivele ce folosesc cuplaje cu curenți turbionari G este necesar să fie cît mai mic posibil iar grosimea discului egală cu M.

Cuplul antagonist este creat de un arc spiral și în general are expresia

$$M_2 = EJ\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_0}\right)$$

în care E este modulul de elasticitate al materialului;

J — momentul de inerție a secțiunii spiralului;

r_0 și r_1 sînt razele corespunzătoare curburii unui element dL de arc care se deplasează din poziția A (fig. 14.20) în poziția A_1.

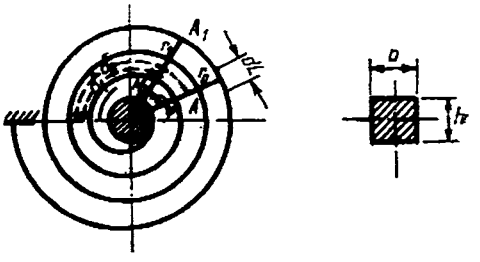


Fig. 14.20

Considerăm o deformare a arcului din poziția A în A_1 care

produce cuplul antagonist M_2. Acestei deplasări liniare îi corespunde o deplasare unghiulară

$$\varphi = \partial_1 - \partial_0$$

unde : ∂_1 este egal cu unghiul BOA_1 și $\partial_0 = \sphericalangle BOA$.
Variația lungimii elementului de arc va fi $\mathrm{d}L = r_0\, d\,\partial_0$ respectiv $\mathrm{d}L = r_1\, d\partial_1$ deci

$$M_2 = EJ\left(\frac{\mathrm{d}\partial_1 - \mathrm{d}\partial_0}{\mathrm{d}L}\right)$$

și

$$\mathrm{d}\,(\partial_1 - \partial_0) = \frac{M_2}{EJ}\,\mathrm{d}L \rightarrow \varphi = \partial_1 - \partial_0 = \int_L \frac{M_2}{EJ}\,\mathrm{d}L.$$

Cum

$$J = \frac{b^3 h}{12}$$

unde $b \times h$ este secțiunea arcului spiral, rezultă

$$\varphi = \frac{12\, M_2 L}{Eb^3 h} \quad \text{și} \quad M_2 = \frac{Ehb^3}{12L}\,\varphi.$$

Dacă se neglijează momentele datorită frecării și dezechilibrului echipajului mobil, relația la echilibru are expresia

$$M_1 - M_2 = 0$$

deci

$$M_1 = M_2$$

și rezultă

$$\frac{Ehb^3}{12L}\,\varphi = k\,\frac{\Phi^2 \omega}{\rho},$$

de unde se deduce deviația echipajului mobil pentru o anumită viteză a prizei vitezometrului

$$\varphi = k\,\frac{12\,\Phi^2 L}{Ehb^3\,\rho}\,\omega.$$

Deoarece ω este singura variabilă, rezultă o scară liniară a vitezometrului.

Compensarea dispozitivului de măsurat al vitezei la variația temperaturii. Datorită variațiilor de temperatură ale mediului magneții stabilizați

comportă o modificare a stării de magnetizare, care constă într-o reducere a inducției remanente. Acest fenomen poate avea caracter reversibil sau ireversibil, după cum variația de temperatură este mai mult sau mai puțin importantă.

În domeniul de utilizare normală a echipamentului electric auto (—40 +80°C) schimbarea stării de magnetizare are un caracter reversibil. Deoarece dispozitivele de control ale vitezei sînt aparate cu eroare controlată, se practică o compensare a acestui fenomen utilizînd șunturi

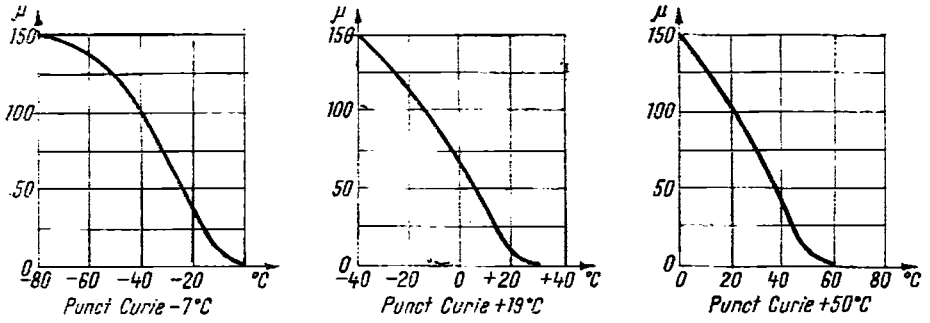


Fig. 14.21

magnetice din materiale ale căror puncte Curie se găsesc în domeniul de variație al temperaturii. Aceste materiale de tipul Thermoferm (R.F.G.), Imphy NMHG (Franța) sau cunoscute sub alte denumiri comerciale ca: Thermalloy, Permalloy etc. sînt în general oțeluri speciale cu conținut bogat de nichel (de ordinul a 30% Ni) a căror proprietate este aceea că permeabilitatea lor variază în raport cu temperatura de o manieră progresivă, iar magnetizarea lor este rapidă și riguros reversibilă.

În fig. 14.21 sînt date cîteva curbe a variației lui μ cu temperatura, pentru trei materiale de acest gen avînd punctul Curie la —7°C; +19°C, +50°C și care sînt elaborate de oțelăriile Imphy (Franța).

În afară de compensarea necesară pentru a contrabalansa scăderea magnetismului remanent, mai este necesară și compensarea micșorării cuplului, o dată cu scăderea intensității curenților turbionari, ca urmare a creșterii rezistenței electrice a discului de aluminiu cu temperatura.

Dispozitivul integrator. Acest dispozitiv servește la înregistrarea următoarelor valori:

— pentru cazul vitezometrului — distanța parcursă de autovehicul în km;

— pentru cazul tahometrului — numărul de ore convenționale ale motorului pentru regimul standard al acestuia.

Dispozitivul este de tipul contorului cu înregistrare zecimală, prevăzut cu tamburi gradați de la 0...9, antrenați prin intermediul unui reductor de la priza care rotește în același timp și magnetul dispozitiului de măsurat

al vitezei momentane. Reductorul poate avea una sau mai multe trepte de reducerea vitezei, servind totodată şi la schimabrea direcţiei angrenării. Tamburii se angrenează succesiv în trepte decadale, astfel încît la o rotaţie completă a celui anterior, următorul se roteşte cu 1/10 dintr-o rotaţie completă.

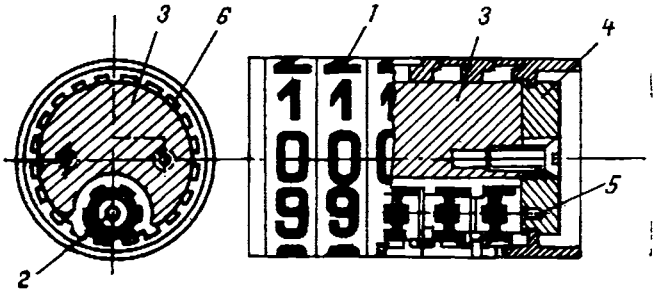


Fig. 14.22

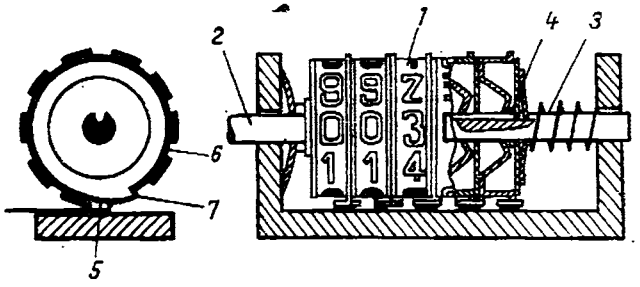


Fig. 14.23

Sistemele constructive pot fi reduse la două tipuri :

— cu pinion de antrenare (fig. 14.22) (tip închis) ;

— cu fricţiune (fig. 14.23).

La tipul de contor cu pinion apar pe figură următoarele elemente : tamburul gradat *1*, pinionul de antrenare *2*, axa contorului *3*, palierul *4*, axa pinionului de antrenare *5*, coroana tamburului *6*. Principalele elemente constructive ale contorului cu fricţiune sînt : tamburul cu cifre *1*, axul contorului *2*, arcul *3*, discul de fricţiune *4*, palpatorul *5*, ancoşa *6* şi cama *7*.

Unele vitezometre sînt prevăzute cu două integratoare, dintre care unul urmăreşte parcursul zilnic, iar celălalt cumulează distanţele parcurse. Cel zilnic este prevăzut cu dispozitiv de anulare a înregistrării.

Considerînd că la ieşirea din reductorul contorului viteza, care roteşte primul tambur, trebuie să fie astfel aleasă, încît pentru 1 km parcurs să

rezulte o rotație completă a acestuia, raportul de transmisie realizat de reductor este

$$i_c = \frac{1}{n_1}$$

unde n_1 este numărul de rotații al arborelui flexibil corespunzător la 1 km parcurs de autovehicul.

Raportul de transmisie al contorului de ore al tahometrului, pentru o turație de regim a motorului stabilită este

$$i_c = \frac{1}{60\, n_r\, i}$$

unde: n_r este numărul de rotații al motorului pentru regimul de lucru stabilit;

i — raportul de transmisie între viteza de rotație a motorului și arborele flexibil ($i = n_m/n_f$).

Particularități ale construcției aparatelor cu cuplaj magnetic (vitezometre și tahometre). Spre deosebire de celelalte aparate auto, la acestea batiul instrumentului are o construcție mai robustă, de obicei turnat sub presiune dintr-un aliaj ușor (Al-Cu-Si sau Zn-Al-Mg). Aceasta se datorește faptului că cele două dispozitive de măsurat încorporate în batiu au mase relativ mari, producînd ele însăși solicitări de oarecare importanță, la care se adaugă cele specifice utilizării aparatelor pe autovehicule.

Magnetul este de obicei un aliaj Alnico sinterizat și se fixează pe axul de antrenare prin presare, prin intermediul unei bucșe de alamă încorporată în masa sinterizată.

Axul și lagărele sînt similare cu cele alc celorlaltc instrumente tratate pînă aici ca materiale utilizate și precauțiuni de uzinare.

Discul de aluminiu electrolitic se obține prin ștanțare și se fixează pe ax de obicei prin turnarea sub presiune a materialului de consolidare. Important din punct de vedere tehnologic la aceste operații este obținerea unei piese absolut drepte la ștanțare, iar la fixare pe ax un voalaj minim al discului în raport cu acesta.

Arcul spiral se execută din bronz cu beriliu, tehnologia acestuia avînd o serie de operații speciale (stabilizare mecanică, termică etc.).

Contorul trebuie executat astfel, încît să prezinte o funcționare continuă fără agățări sau blocări. În același timp trebuie asigurată o silențiozitate cît mai mare a funcționării. În acest scop angrenajele se execută în general din mase termoplastice, care asigură totodată și o geometrie exactă a elemcntelor de angrenare. În fig. 14.24 este reprezentată analiza spectrală a nivelului de zgomot produs de reductorul contorului vitezometrului comparativ pentru cazurile în care:

— se utilizează angrenaje metalice, curba *1*;

— se utilizează angrenaje de poliamidă, curba *2*;

— se utilizează angrenaje de poliamidă avînd ca referinţă nivelul de zgomot produs de aparat în cazul în care i se demontează reductorul, curba *3*.

Se observă că angrenajele din poliamidă se apropie sensibil, ca nivel de zgomot, de cazul în care reductorul lipseşte complet. Mai mult, se observă că în domeniul frecvenţelor de funcţionare, zgomotul scade foarte mult, aparatul devenind silenţios, fapt care nu se petrece în cazul angrenajelor metalice unde fenomenul este invers. (Experienţa este a firmei V D O din R. F. G.)

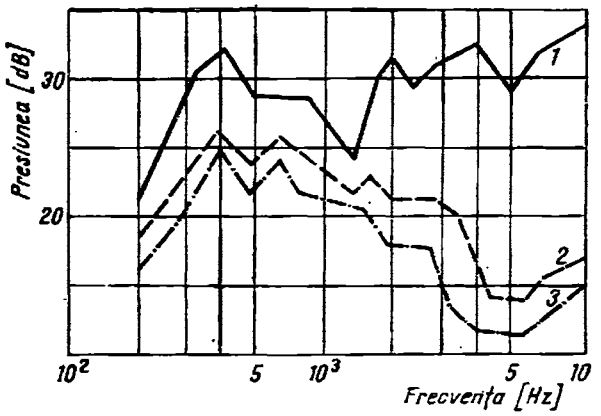


Fig. 14.24

Axul totalizatorului, pe care sînt montaţi tamburii gradaţi, are un profil special obţinut prin trefilare şi calibrare.

Pentru tamburii gradaţi se folosesc în general mai multe soluţii constructive. Tamburii, folosiţi la tipul cu pinion de antrenare, se fac de obicei din masă termoplastică (prin injecţie) sau din aliaje uşoare turnate sub presiune, ambele procedee scoţînd profilele de angrenare din formă. La tipul constructiv cu fricţiune, tamburii se execută din elemente din tablă ştanţată şi ambutisată, iar din profilele de angrenare sau fricţiune sînt obţinute : cele frontale prin presare, iar cele radiale prin frezare. Acul indicator se execută din aliaj de Al-Mg (Dural) sau din tablă subţire de oţel.

Un element important de care este necesar a se ţine cont atît la concepţia, cît şi la execuţia aparatului, este acela al căilor de alunecare ale axului principal al aparatului. Lagărele se execută în general din bucşe de bronz grafit sinterizat, autolubrifiant, sau mase plastice care au proprietăţi ce le fac apte pentru funcţionarea ca lagăre. De obicei se prescrie valoarea maximă a cuplului rezistent a prizei de antrenare a vitezometrelor şi tahometrelor pentru a nu se torsiona axul flexibil.

Jocul în lagăre al axului principal constituie un factor producător de zgomot. Pentru ilustrare în fig. 14.25 dăm variaţia zgomotului global produs în lagărele unui vitezometru funcţie de jocul ax-lagăr.

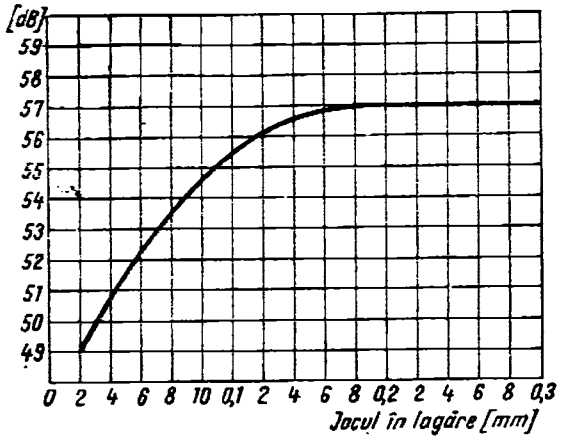


Fig. 14.25

14.4.8. APARATE DE MĂSURAT AUTO CU GENERATOR TAHOMETRIC

Această categorie de aparate se folosesc tot pentru controlul parcursului autovehiculului sau vitezei de rotaţie a motorului acestuia.

Dispozitivul de măsurat este complex şi conţine următoarele elemente :

Un element traductor, care este constituit dintr-un generator de curent continuu sau curent alternativ antrenat de la priza aflată în lanţul cinematic al transmisiei automobilului. Acest generator produce o tensiune $U = f(n)$. Tot în acest traductor se găseşte un element întreruptor care transmite impulsuri electrice egale cu numărul de ture, sau submultiplu al acestora.

Un element receptor care măsoară pe $U = f(n)$ avînd scara gradată în unităţi de viteză.

Un element integrator care inregistrează impulsurile transmise de transmiţător ca distanţe parcurse sau ore de funcţionare. Elementul integrator este de obicei încorporat în indicatorul de viteză.

În fig. 14.26 este reprezentată schema electrică de măsurare a unui astfel de instrument cunoscut şi sub denumirea de vitezometru electric, tahogenerator etc.

Traductorul este un tahogenerator montat în priza de transmitere a mişcării. Axul tahogeneratorului are calat pe el un magnet permanent, care constituie rotorul acestuia. De la acelaşi ax este antrenat printr-un pinion reductorul generatorului de impulsuri.

Statorul este format din miezul de tole şi înfăşurare. Schema electrică a vitezometrului electric cuprinde : priza de antrenare a transmiţătorului *1*; axul de antrenare a transmiţătorului *2*; priza de antrenare a reductorului camei ce acţionează dispozitivul generator de impulsuri *3*; rotorul transmiţătorului *4*; înfăşurarea statorului transmiţătorului *5*; receptorul de viteză *6*; integratorul kilometrilor parcurşi *7*; bateria de alimentare a generatorului de impulsuri *8*; contactele generatorului de impulsuri *9*; cama de acţionare a contactelor *10*; reductorul *11*.

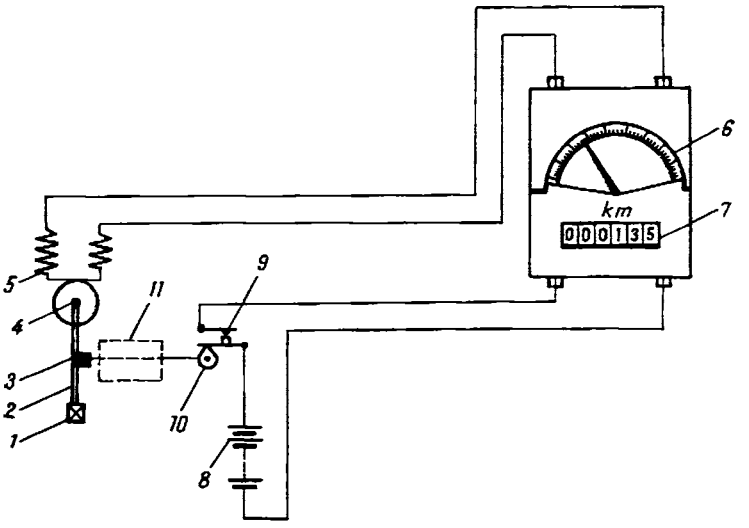


Fig. 14.26

În traductor este încorporat şi generatorul de impulsuri, care acţionează contorul totalizatorului ce înregistrează kilometri parcurşi. Acesta angrenează cu axul principal prin intermediul unui reductor cuplat cu cama care acţionează un întreruptor ce furnizează înregistratorului de kilometri impulsuri, a căror frecvenţă este proporţională cu viteza autovehiculului.

Aparatul receptor indicator de viteză poate fi un voltmetru electromagnetic sau termic, a cărui scară poate fi gradată direct în unităţi de viteză, utilizînd în acest scop caracteristica tahogeneratorului $U_0 = f(n)$. Se poate utiliza ca aparat receptor indicator de viteză un motoraş cu axul calat de un arc spiral, care dă cuplul antagonist. În acest caz înfăşurarea tahogeneratorului este trifazată.

Dispozitivul integrator de kilometri este un numărător de impulsuri în variantă electromagnetică sau electronică, în genul celor folosite ca centralele telefonice.

Particularităţile constructive ale acestui tip de aparat sînt analoge celor descrise pînă aici la aparatele cu cuplaj magnetic. O atenţie în plus

trebuie dată construcției ruptorului din componența generatorului de impulsuri, tehnică cunoscută însă fabricanților de echipament electric auto.

Vom arăta pe scurt avantajele și dezavantajele acestui tip de aparat în raport cu cele cu cuplaj magnetic.

Avantajul cel mai important al acestui tip constructiv este că exclude folosirea arborelui flexibil ca element de transmisie a mișcării. Din această cauză, aparate de genul acesta sînt agreate pentru autovehiculele lungi, avînd motorul montat în spate cum ar fi anumite tipuri de autobuze. În rest avantajele unui sistem față de altul nu sînt esențiale. În schimb dezavantajul cel mai mare al acestui tip de aparat, față de cel cu cuplaj magnetic utilizat în majoritate, este că el constituie o soluție mult mai scumpă. Din acest motiv, numai în cazul în care datorită lungimii lor prea mari se întîmpină greutăți de execuție a arborilor flexibili, sau din raționamente de securitate a traseului acestora (autovehicule cu destinație specială), se preferă utilizarea vitezometrelor cu tahogeneratoare.

Un aparat mai modern fabricat de firma JAEGER — Franța este cel din fig. 14.27, format în principiu dintr-un grup generator-motor sincron. Generatorul de curent alternativ trifazat alimentează un motor sincron, care se rotește în felul acesta cu o viteză proporțională cu frecvența de alimentare. Un dispozitiv special împiedică desincronizarea motorului asigurînd în același timp și demarajele la viteze mici sau mari ale acestuia.

Motorașul sincron antrenează pe de o parte un cuplaj magnetic cu curenți turbionari de tipul celor descrise la § 14.4.7 și care constituie indi-

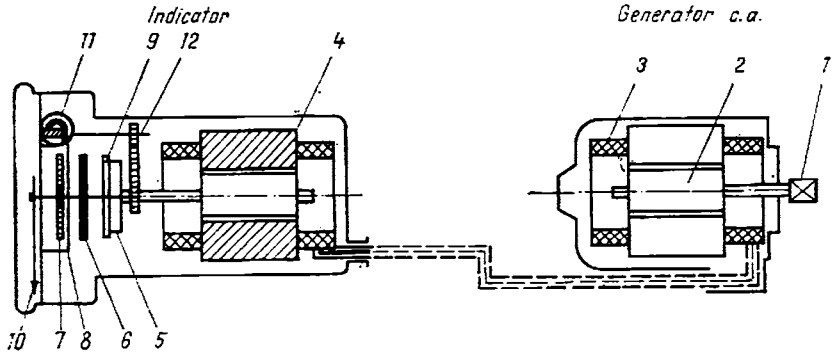


Fig. 14.27

catorul de viteză; pe de altă parte, prin intermediul unui reductor acționează un integrator de kilometri sau număr de ore. Acest aparat are avantajul în fabricație, că poate folosi multe elemente comune cu aparatele clasice care au aceeași destinație.

Principalele părţi constructive ale acestui aparat sînt: element de antrenare *1*; magnet permanent *2*; stator bobinat *3*; motor sincron *4*; magnet de măsurare *5*; disc de măsurare *6*; spiral reglabil *7*; placă de închidere a cîmpului *8*; şunt de compensare termică *9*; ac indicator *10*; totalizator de kilometri *11*; reducţii pentru antrenarea totalizatorului *12*.

14.4.9. APARATE ELECTRONICE PENTRU AUTOVEHICULE

În general aceste dispozitive de măsurat electronice servesc ca tahometre sau vitezometre.

Principiul lor funcţional constă în aceea că integrează impulsuri de curent, obţinînd o valoare medie proporţională cu numărul acestora şi

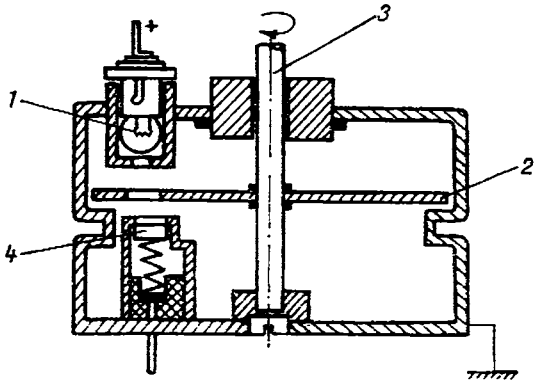


Fig. 14.28

deci cu viteza care le-a generat. Drept sursă a impulsurilor poate fi luată: *bobina de aprindere* — în cazul motoarelor termice cu benzină sau un *traductor cu fotodiodă* sau fotorezistenţă *4*, aceasta fiind luminată periodic de un bec *1* prin faţa căruia se roteşte un disc *2* (solidar cu axul *3*) prevăzut cu o fantă (fig. 14.28).

În fig. 14.29 se arată schema de principiu a unui tahometru electronic, alimentat cu impulsuri de la bobina de aprindere a motorului termic şi care măsoară valoarea medie a curentului de încărcare (descărcare) a unui condensator. Măsurarea se execută cu un miliampermetru de construcţie uzual, gradat direct în rot/min. Se observă că schema de măsurare este dependentă de tensiunea de alimentare şi din acest motiv ea trebuie prevăzută şi cu un element de stabilizare a tensiunii.

În fig. 14.30 este dată o altă schemă electronică de măsurare a vitezei. În această schemă s-a introdus un traductor cu miez de fier saturat, care

face ca valoarea medie a curentului, să fie independentă de tensiune, rămînînd în felul acesta o funcţie numai de frecvenţa impulsurilor.

În fig. 14.31 este dată o schemă cu monovibrator. Peste sistemul oscilant produs de monovibrator se suprapune semnalul de la bobina de

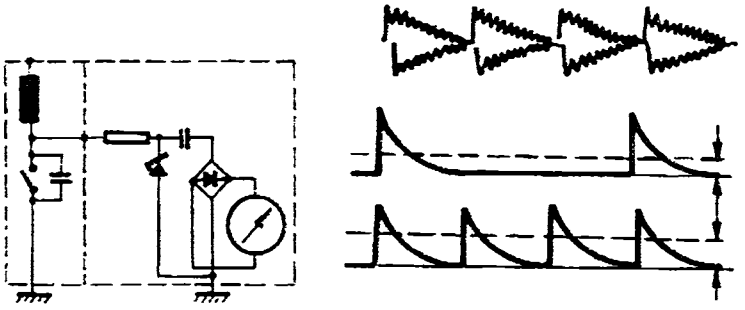


Fig. 14.29

aprindere, astfel încît indicaţiile aparatului auto sînt independente de tensiune.

Avantajele aparatelor electronice sînt evidente, dacă ţinem seama de faptul că elementele în mişcare ale acestora sînt foarte simple din punct de vedere constructiv, iar restul elementelor sînt statice. Avînd în vedere şi fiabilitatea mare a componentelor electronice, ne dăm uşor seama de siguranţa mărită în exploatare, care o conferă aceste tipuri de aparate.

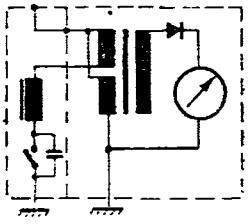


Fig. 14.30

În momentul de faţă, utilizarea lor este încă mult restrînsă în fabricaţia de echipament auto, dat fiind preţul relativ ridicat, la care se menţin componentele electronice.

Aparatele descrise mai sus pot fi completate cu dispozitive integratoare sau înregistratoare a distanţelor parcurse.

Ca particularităţi constructive, relevăm circuitele imprimate pentru partea de schemă electronică.

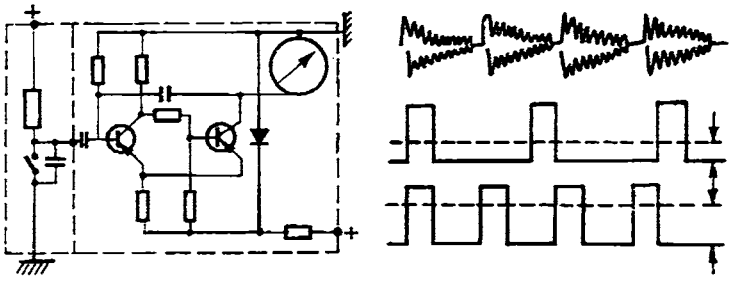


Fig. 14.31

În afară de faptul că sudurile şi legăturile trebuie să fie capabile să reziste solicitărilor la vibraţii, restul construcţiei nu prezintă particularităţi diferite de cele practicate în tehnica generală a dispozitivelor electronice.

14.5. CONSIDERAŢII PRIVIND CONSTRUCŢIA APARATELOR INDICATOARE DE BORD

Instrumentele de bord se pot prezenta în construcţie singulară sau încorporate în: aparate combinate sau tablouri de bord.

Atît aparatele combinate, cît şi tablourile de bord au încorporate şi lămpile martor a diferiţilor senzori de alertă. În afară de acestea tablourile de bord pot avea montate şi o parte a aparaturii de conectare şi comutare.

Indiferent însă de modul lor de prezentare combinată, instrumentele de bord trebuie să răspundă la următoarele cerinţe:

— să ofere o posibilitate de lectură uşoară a indicaţiilor, în special sub unghiurile posibile de vedere ale conducătorului auto şi fără a fi necesar ca acesta să facă vreun efort suplimentar în acest scop;

— să prezinte o estetică satisfăcătoare care să se încadreze unitar în întregul ansamblu de interior al autovehiculului;

— să reziste şi să funcţioneze în condiţiile solicitărilor extreme, caracteristice exploatării pe autovehicule;

— să reprezinte o construcţie economică, care să poată fi oferită la un preţ acceptabil, chiar competitiv dacă conjunctura pieţii o cere.

Lectura uşoară este asigurată de o scară care trebuie să răspundă următoarelor cerinţe:

— pe cît posibil să fie mai largă, dispusă circular sau liniar, avînd reperele suficient de depărtate pentru a putea fi distincte;

— reperele în raport cu fondul scării trebuie să fie puternic contrastante; de obicei se folosesc albul şi negrul;

— spre a uşura sesizarea uşoară a zonelor de funcţionare corectă a sistemului controlat, acestea se marchează cu culori;

— pentru a putea permite lectura pe timp de noapte a indicaţiilor aparatelor de bord, ele sînt prevăzute cu un sistem de iluminare, care face obiectul unui studiu foarte aprofundat; iluminarea în general trebuie să fie astfel realizată, încît să ofere posibilitatea unei citiri perfecte, a oricărei porţiuni din scara aparatului, dar în acelaşi timp să nu fie prea puternică pentru a nu obosi ochiul conducătorului auto, sau a-l distrage, punîndu-l în imposibilitatea de a urmări cu toată atenţia drumul ce-l parcurge. Deoarece cerinţa de a avea un flux de iluminare mai puternic, sau mai slab, este şi o cerinţă a ochiului conductărului auto, putînd varia de la individ la individ, se prevăd uneori la bordul automobilelor rezistenţe reglabile (potenţiometru), care reduc luminozitatea lămpilor de bord,

prin reducerea corespunzătoare a tensiunii de alimentare a acestora.

Găsirea unei soluții de iluminare cît mai eficientă din toate punctele de vedere a bordului, în scopul de a obține o iluminare cît mai uniformă a scării aparatului și în același timp o intensitate luminoasă acceptabilă, a preocupat în continuare pe constructorii de aparate de bord. În fig. 14.32 sînt arătate diferite moduri de iluminare la aparate singulare (ele sînt valabile și la cele combinate sau tablouri de bord) și care constituie totodată și o evoluție în timp a problemei.

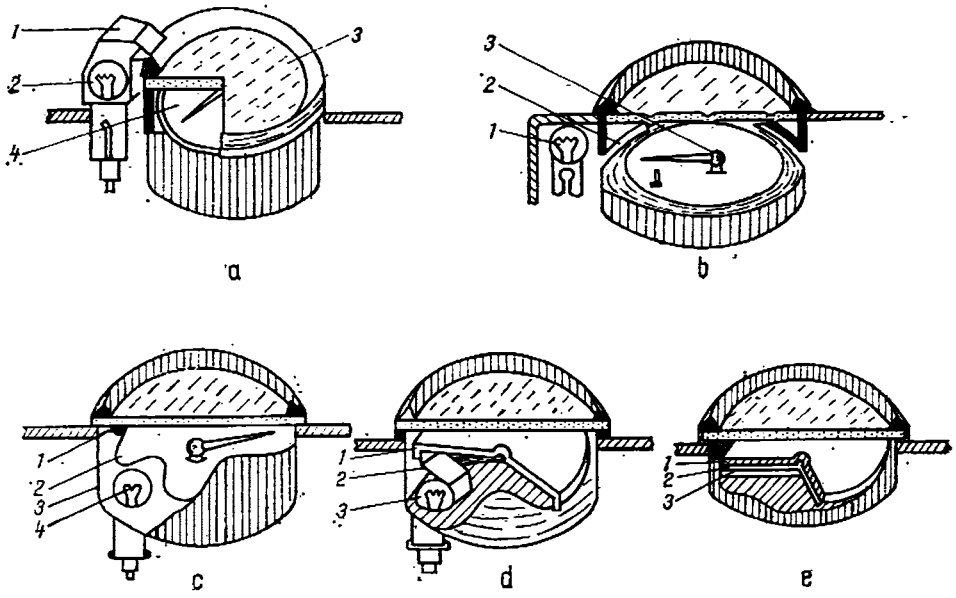


Fig. 14.32

În fig. 14.32, *a* este reprezentat un sistem de iluminare directă a scării prin partea de deasupra a acesteia. Este un sistem care nu se mai utilizează astăzi aproape de loc în tehnica auto; nici la tractoare. Are dezavantajul că nu asigură o iluminare uniformă a scării și dă posibilitatea unor reflexii de fascicule de lumină, care sînt supărătoare, obosind ochii.

Fig. 14.32, *b* reprezintă tot un sistem de iluminare directă, fasciculul luminos fiind dirijat lateral, peste cadranul *3* printr-o fantă *2* practicată în peretele aparatului. Și acest sistem prezintă dezavantajul unei iluminări neuniforme a scării, la care se adaugă și irizațiile supărătoare, provocate de neregularitățile fantei prin care trece fasciculul luminos. Acest sistem mai poate fi găsit la unele autovehicule de model mai vechi sau la unele tractoare.

Fig. 14.32, *c* reprezintă un sistem de iluminare indirectă a scării aparatului. Lampa *4* este încorporată în aparat sub cadranul acestuia. Razele de lumină pătrund în partea de deasupra aparatului prin interstiţiul dintre cadranul *2* şi carcasa *3*, fiind reflectate apoi de rama aparatului (inelul deflector 1), către scară. Acest sistem produce o iluminare destul de uniformă a scării, dar nu evită complet irizaţiile provocate de difracţia luminii, în diferitele locuri pe unde aceasta pătrunde în partea superioară a aparatului.

Fig. 14.32, *d* arată un sistem de iluminare indirectă cu lumină difuză. Lampa încorporată *3* se află sub un deflector *2* din sticlă mată sau masă plastică translucidă, care difuzează lumină în partea superioară a aparatului iluminîndu-i scara uniform. Acest sistem care evită aproape în totalitate reflexiile, irizaţiile, precum şi alte efecte luminoase supărătoare, a fost aproape în totalitate adoptat de constructorii de aparate de bord auto.

Fig. 14.32, *e* indică un sistem de iluminare prin electroluminiscenţă, care reprezintă şi ultima tehnică în iluminarea aparatelor de bord. Elementul luminiscent, după cum se observă din figură, intră în constituenţa cadranului, ca unul din straturi. Între pelicula de film transparent *1* şi placa de bază metalică *3*, se aplică o tensiune alternativă. În stratul dielectric *2* se găseşte amestecată o substanţă luminiscentă, care excitată de cîmpul electric produs de tensiunea alternativă, ilumineză cadranul. După natura substanţei se pot obţine nuanţe de culori diferite.

Iluminarea cadranului este foarte uniformă şi fără niciun efect perturbator pentru ochi. Deoarece sistemul cere o tensiune alternativă relativ ridicată şi de frecvenţă foarte stabilă, aplicarea sistemului în tehnica auto, nu se practică la ora actuală pe scară intinsă dat fiind costul ridicat al accesoriilor necesare.

În problema esteticii aparaturii de bord, nu se pot da în general reguli precise. În această privinţă există o anumită contingenţă cu moda, cu linia generală a autovehiculului; în rest totul se supune fanteziei mai mult sau mai puţin inspirate a proiectantului. Rezolvarea acestei probleme se execută de obicei în acord perfect cu proiectantul autovehiculului, deoarece acest lucru determină majoritatea devierilor de preţ.

Problema rezistenţei la solicitări ale mediului şi exploatării pe ansamblul aparatelor, se rezolvă în general în modul următor:

— închiderea, se execută prin rolare sau sertizare, pe garnituri de cauciuc care constituie şi un amortizor de vibraţii;

— se evită în general îmbinări demontabile cu şuruburi, siguranţe etc;

— etanşarea părţilor funcţionale (dispozitivele de măsurat) se execută introducîndu-le pe acestea într-o carcasă protectoare de material plastic, peste care se montează elementele de închidere a aparatului, ramă, rondele, geam etc. Executînd carcasa protectoare din material translucid, rezolvăm o dată cu aceasta şi problema corpului de difuzie a luminii despre care am vorbit anterior.

Pentru a se evita desasamblările, ca urmare a acțiunii vibrațiilor, bornele se asigură cu rondele elastice.

Cernelurile litografice ce se folosesc pentru impresionarea cadranelor, trebuie ca între altele să fie stabile la acțiunea căldurii, a razelor puternice de lumină, să nu se decoloreze, să nu-și varieze nuanța culorii.

Acoperirile galvanice, metalizările sau alte tratamente de suprafață protectoare sau decorative, trebuie astfel executate, încît o dată cu aspectul cerut de estetica aparatului, să fie în stare să reziste la solicitările climatice impuse.

Problema realizării instrumentelor de bord la un preț de cost cît mai scăzut este una dintre cele maidificile probleme ale constructorilor de echipament electric auto. Aceasta se datorește faptului că trebuie împăcate o serie de lucruri contradictorii cum ar fi :

— soluțiile de estetică, care de cele mai multe ori sînt costisitoare, cu utilitatea care cere o precizare suficient de mare și robustețea în funcționare ;

— tehnica costisitoare pe care o reprezintă mecanica de precizie, chiar la serii foarte mari, cu finețea și estetica execuției, precum și alte probleme legate de necesitatea de a utiliza o serie de materiale scumpe etc.

Eforturile de a se fabrica aparate de bord cît mai ieftine, s-au canalizat în ultimul timp pe următoarele direcții

1. Utilizarea maselor plastice în locul metalelor, peste tot unde aceasta este posibil. La acest lucru a contribuit și avîntul care l-au luat în ultimul timp masele termoplastice, varietatea extraordinar de mare a sortimentului acestora, în concordanță cu posibilitățile cele mai variate de utilizare a lor, putînd face față atît solicitărilor termice, cît și celor mecanice. Deoarece varietatea culorilor care poate întruni toate nuanțele posibile în care se pot prezenta masele plastice, nu a fost găsită suficientă pentru gustul estetic al proiectanților, s-au căutat posibilități tehnice de metalizare a acestora. S-au găsit fel de fel de metode și se cercetează mereu, pentru a se găsi soluții de aderență cît mai perfectă, astfel încît pelicula de metal să fie în același timp, cît mai lucioasă și cît mai rezistentă.

2. O altă direcție, pe care se merge astăzi, este folosirea circuitelor imprimate, atît la aparatele singulare și combinate, cît în special la tablourile de bord. Această soluție tehnică, reduce considerabil manopera oferind în același timp constructorului posibilitatea adoptării unor soluții mai puțin ancombrante, tehnologic mai simple, eliberînd considerabil spațiul util al avantbordului pentru alte scopuri.

3. În sfîrșit o altă tendință este aceea de folosire a dispozitivelor electronice de măsurat, în locul celor clasice electromecanice, tendință justificată prin aceea că se reduce considerabil manopera de uzinare și montaj, în special a celei de mecanică fină care este cea mai scumpă. Avînd în vedere și fiabilitatea mărită a acestor dispozitive, precum și faptul că se pretează foarte bine la organizarea fabricației de serie mare, această direcție de dezvoltare tentează pe constructorii de echipament

electric auto, suscitîndu-le din ce în ce mai mult atenţia. Pentru că componentele electronice rămîn pe piaţa mondială la un preţ relativ ridicat, aceste soluţii rămîn şi ele încă în faza de cercetare şi experimentare, aşteptînd ieftinirea elementelor de bază, fenomen care se va produce în mod sigur, dat fiind multiplele utilizări ce se întrevăd pentru acestea.

În afară de cele arătate mai sus mai putem cita folosirea oţelurilor inoxidabile, care reduc considerabil acoperirile de protecţie, precum şi altele.

14.6. ELEMENTE SESIZOARE DE ALERTĂ

În parte tot ca o necesitate de a găsi soluţii mai ieftine pentru controlul diferitelor sisteme funcţionale ale autovehiculelor a apărut şi utilizarea sesizoarelor de alertă, care la autoturisme au ajuns să înlocuiască majoritatea aparatelor de măsurat.

După cum am mai arătat (sub. cap. 14.3.) sesizoarele de alertă sînt în general relee, care acţionate fiind de o anumită valoare a mărimii ce se controlează, stabilesc un contact care închide circuitul unei lămpi martor.

După construcţia lor, sesizoarele pot fi de *tip electomagnetic, electrotermic, magnetic* sau *mecanic.*

14.6.1. SESIZOARE CU ACŢIONARE ELECTROMAGNETICĂ

Acest tip de sesizoare sînt relee electromagnetice. Ele sesizează prezenţa sau lipsa unei tensiuni de o anumită valoare.

Cea mai potrivită utilizare a acestui tip de sesizoare este pentru a indica funcţionarea sistemului de alimentare a bateriei. Se utilizează numai la sistemele care nu folosesc separarea la curenţi inverşi a circuitului generator-baterie prin releu disjunctor-conjunctor, deoarece aceasta poate folosi în acelaşi timp şi ca element sesizor. Prin urmare se folosesc în schemele cu alternatoare sau dinamuri cu ventil (diodă) de separare inclus. Schema de conexiune a unui astfel de sesizor este dată în fig. 14.33, care arată părţile constructive a unui astfel de releu. Se observă că este un releu cu contacte normal închise, care, în prezenţa tensiunii se deschid, întrerupînd circuitul lămpii martor.

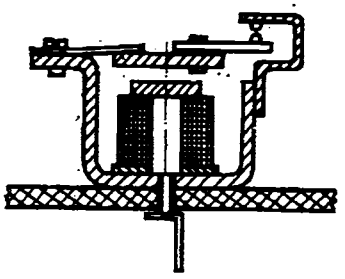


Fig. 14.33

Teoria şi relaţiile de calcul pentru un astfel de releu, sînt bine cunoscute şi nu vom insista asupra lor.

Dacă releul funcţionează cu un alternator, care furnizează tensiunea de lucru încă de la turaţia de ralenti a motorului termic, martelajul contactelor în jurul tensiunii limite de anclanşare a releului nu este posibil.

Din gama de tensiuni posibile ca urmare a variației turației alternatorului, două sînt legate de funcționarea releului ca sesizor de încărcare :

— tensiunea corespunzătoare tensiunii de lucru (de încărcare a alternatorului) definită ca minimă ;

— tensiunea corespunzătoare unei defecțiuni a alternatorului (întreruperea totală sau a unei singure faze) a alternatorului definită ca maximă.

Sesizorul trebuie să fie în stare să întrerupă, respectiv să restabilească circuitul pentru aceste valori.

Pentru ca acest lucru să fie practic posibil, pe paletă se prevede un opritor din material nemagnetic (Cu sau Am), care poate fi ajustat și în fabricație, în caz de neuniformități ale caracteristicilor materialului de la un lot la altul.

14.6.2. SESIZOARE CU ACȚIONARE TERMICĂ (TERMOCONTACTE)

Pentru sesizarea supraîncălzirii fluidului de răcire a motorului termic, fapt care poate avea repercusiuni grave asupra rămînerii acestuia în stare de funcționare, se utilizează un releu termic, a cărui contacte pun sub tensiune lampa martor, atunci cînd acestea sînt închise, deci poziția contactelor este normal deschisă (fig. 14.34). Elementul termosensibil este format dintr-o lamă termobimetalică *1*, cu un capăt încastrat, avînd

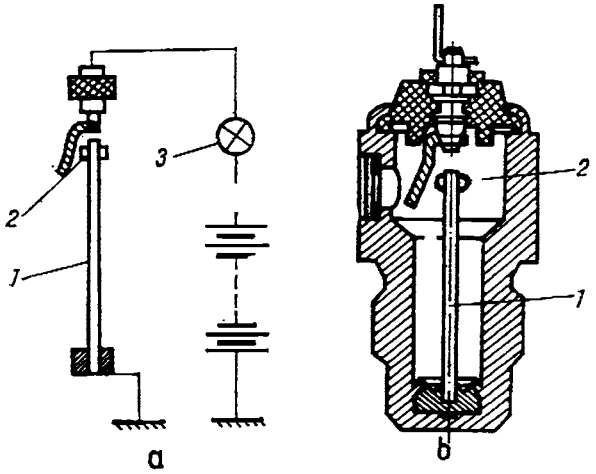


Fig. 14.34

la capătul liber contactul mobil *2*. Tot ansamblul este introdus într-o carcasă etanșă, spre a se putea fixa prin înșurubare în mediul ce trebuie controlat (radiatorul motorului termic de ex.). În momentul în care tem-

peratura fluidului de răcire a depăşit limita admisă, lama termobimetalică se înconvoaie stabilind circuitul lămpii martor *3*, dîndu-i acesteia, posibilitatea de a semnaliza avaria.

14.6.3. SESIZOARE CU ACŢIONARE MAGNETICĂ

Acestea sînt sesizoare de poziţie. Într-o anumită poziţie voită, un magnet trecînd prin dreptul unui întreruptor îl închide. Această situaţie le face apte pentru a fi utilizate ca sesizoare de nivel al lichidelor. Dacă

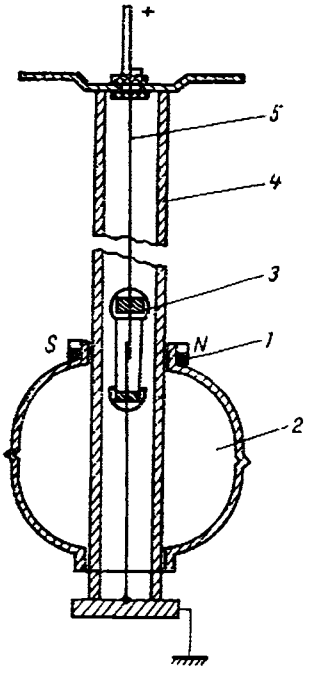


Fig. 14.35

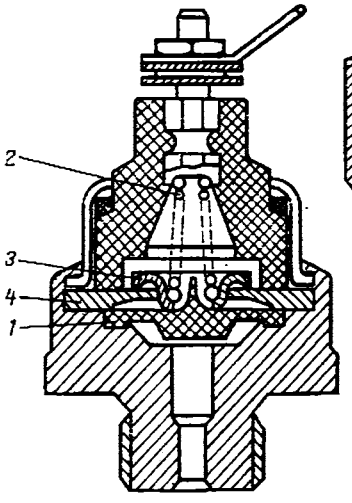


Fig. 14.36

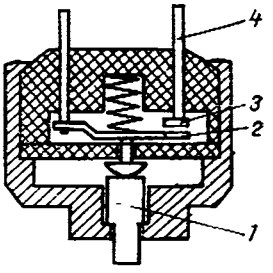


Fig. 14.37

(fig. 14.35) magnetul *1* este fixat pe un flotor *2*, iar întreruptorul *3* în poziţia în care lichidul trebuie controlat, deplasarea flotorului în poziţia care interesează, se soldează cu închiderea contactului, care fiind în serie cu lampa martor, o aprinde.

Flotorul se execută din material nemagnetic (alamă), iar magnetul din ferite cu lianţi ceramici, aceştia avînd o greutate specifică mai mică.

14.6.4. SESIZOARE CU ACȚIONARE MECANICĂ

În această clasă de sesizoare există două categorii
— manometrice — acționate de fluide;
— acționate cu pîrghie sau tije.

Sesizoare manometrice (fig. 14.36). Principiul este același indiferent că se controlează presiuni limită la lichide sau gaze. Forța datorată presiunii fluidului, acționează prin intermediul membranei *3* cu arc tratat *2*, care deschide o pereche de contacte, ce se găsesc conectate în serie cu lampa martor.

Scăderea presiunii sub limita admisă provoacă închiderea contactelor și deci aprinderea lămpii de alertă. Deoarece reacția membranei poate fi considerată ca neglijabilă, dimensionarea dispozitivului de măsurat a aparatului se reduce la dimensionarea arcului. La alegerea materialului pentru membrană trebuie avut grijă ca să aibă rezistența chimică necesară la acțiunea fluidului și fiind supusă la efortul maxim posibil, să nu capete deformări permanente. Fiind un aparat care lucrează tot timpul la o sarcină de cîteva ori mai mare decît cea pentru care trebuie să fie sensibil, reușita lui în fabricația de serie este condiționată în principal de comportarea în timp sub sarcină a două elemente :
— materialul membranei;
— rezistența la oboseală a resortului.

Sesizoare cu acționare prin tijă (sau pîrghie). Construcția este similară numai că în locul presiunii acționează direct o tijă sau o pînghie. Fig. 14.37 arată un astfel de sesizor și anume, din cele utilizate pentru a semnaliza cuplarea celorlalte diferențiale la autovehiculele prevăzute cu tracțiune multiplă.

Nefiind necesar ca acestea să lucreze la forțe de valoare bine determinate, dimensionarea elementelor unui astfel de dispozitiv nu pune probleme deosebite. Important este ca elementele asupra cărora acționează pîrghia de comandă să fie suficient de robuste pentru a nu deregla partea funcțională electrică.

Cel mai important lucru este de fapt, menținerea cu strictețe în fabricația de serie a cotelor și toleranțelor de montaj a aparatului, în locul unde se asamblează pe autovehicul. În caz contrar este posibilă : sau nefuncționarea corectă a aparatului, sau deteriorarea acestuia.

15. ECHIPAMENT ELECTRIC AUXILIAR

15.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Echipamentul electric auxiliar cuprinde dispozitive sau aparatură electrică de acţionare a aparatelor auxiliare ale autovehiculelor care îndeplinesc funcţii utile, menită să creeze condiţii pentru o manevrare sigură şi uşoară a acestuia, şi mărirea confortului celui ce îl conduce şi a pasagerilor.

Dat fiind faptul că funcţiunile aparatelor auxiliare ale autovehiculelor sînt foarte variate, se poate face o primă clasificare a echipamentului electric în funcţie de propriile lor tipuri constructive fără a avea pretenţia că vom epuiza tot echipamentul auxiliar utilizat de constructorii de autovehicule.

1. *Servomotoare* pentru :
— ştergătoarele de parbriz ;
— încălzitoarele de parbriz şi cabină ;
— servopompe ;
— elevatoare geamuri, decapotare, deschidere şi închiderea uşilor etc.
2. *Servomecanisme electromagnetice* pentru
— frîne electromagnetice ;
— ambreiaje automate şi transmisii automate ;
— pompe de combustibil pentru ungere şi spălare parbriz ;
— electrovalve avînd diverse destinaţii.

3. *Comutatoare şi întreruptoare* servind la punerea sau scoaterea de sub tensiune a schemei electrice, a circuitelor funcţionale ale schemei, sau părţi ale acestora. În această categorie sînt cuprinse întreruptoarele acţionate manual sau automat.

Se observă că în cadrul fiecărei grupe, deşi elementul funcţional (de acţionare) principal este comun, diversitatea construcţiei elementelor este foarte mare ca urmare a diversităţii utilizărilor. Din acest motiv o clasificare pe criterii constructive este practic imposibilă în cadrul grupei. Cel mult în cadrul subgrupelor s-ar putea face acest lucru, luîndu-se ca bază un anumit element care să poată fi considerat caracteristic.

Grupa de întreruptoare şi comutatoare este singura, la care este posibilă o clasificare pe criterii constructive în cadrul grupei.

De altfel întreruptoarele şi comutatoarele constituie o grupă cu totul aparte în cadrul sistemelor auxiliare, prin faptul că utilizarea lor are un caracter mai general în cadrul schemei, decît toate celelalte grupe sau chiar sisteme.

15.2. SERVOMOTOARE

La toate servomecanismele aparţinînd acestei grupe, elementul funcţional (de acţionare) este un motor de curent continuu de obicei cu excitaţie serie, ca urmare a caracteristicilor pe care le are acest tip de motor şi anume :

— cuplul de pornire mare ;

— posibilităţi uşoare de a i se varia turaţia.

Pentru toate tipurile de servomecanisme schema electromecanică este în principiu formată din trei elemente (fig. 15.1) :

— servomotor de curent continuu *1* ;

— elementul de reglaj cuplu-turaţie *2* ;

— elementul cinematic *3* compus de obicei dintr-un dispozitiv de transmisie a mişcării şi un dispozitiv de acţionare. Aceste trei elemente principale pot fi încorporate după cerinţele construcţiei în modul următor :

— toate trei constituind un tot unitar ;

— cîte două şi al treilea separat.

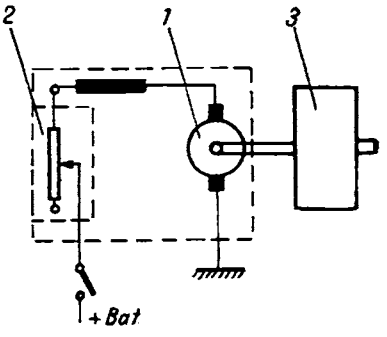


Fig. 15.1

La dimensionarea motorului de curent continuu se porneşte, de la cuplul şi turaţia necesară utilizării respective. Din acestea se deduce puterea şi prin calculul obişnuit pentru maşina de curent continuu se determină dimensionarea părţilor active şi a celorlalte dimensiuni ale servomotorului.

În general mai trebuie să se ţină seama în dimensionare de existenţa unor posibilităţi de supraîncălzire şi chiar de regimuri tranzistorii de scurtcircuit, care pot interveni în exploatare.

Problema dimensionării acestor motoare nu este chiar atît de simplă, deoarece constructorului i se pune aproape totdeauna problema realizării unor maşini cît mai mici, ca gabarit general şi greutate. În acest scop se

folosesc ultimele realizări tehnice privind materialele electrotehnice, magnetice şi cele ale suprastructurii de rezistenţă cum ar fi :

— izolaţii superioare ;
— circuite imprimate ;
— mase plastice de rezistenţă superioară ;
— lagăre auto lubrefiante şi altele.

15.2.1. ŞTERGĂTOARE DE PARBRIZ

Servomotorul ştergătoarelor de parbriz, spre deosebire de cel a celorlalte subcategorii enunţate mai sus, are excitaţie derivaţie sau mixtă, în scopul de a se obţine o viteză constantă a braţului ştergătorului, independent de cuplul rezistent (ploaie zăpadă sau gheaţă).

Unele servomotoare pentru ştergătoarele de parbriz se contruiesc pentru două trepte de turaţie, avînd în acest scop încorporată o rezistenţă ce se introduce în circuitul de excitaţie prin intermediul unui comutator.

Elementul cinematic este constituit dintr-un reductor care are rolul de a transforma mişcarea de rotaţie a motorului, în mişcare rectilinie alternativă.

După tipul constructiv al reductorului, se poate face clasificarea următoare :

— ştergătoare de parbriz avînd reductor cu melc ;

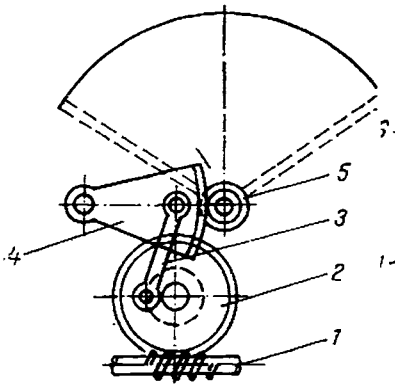


Fig. 15.2

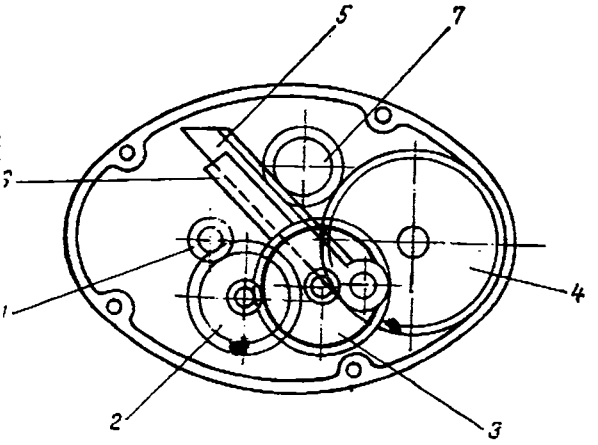


Fig. 15.3

— ştergătoare de parbriz, avînd reductor cu cremalieră.

Reductoarele cu melc, a căror schemă cinematică este dată în fig. 15.2, au următorul lanţ de transmisie al mişcării : şurubul fără sfîrşit *1*, acţionat de motorul ştergătorului, angrenează cu roata elicoidală *2*, care pune în

mişcare biela *3*, care la rîndul ei antrenează sectorul dinţat *4*. Acesta angrenează roata dinţată *5*, pe axul căreia fie că se fixează direct braţul ştergătorului de parbriz, fie că se cuplează dispozitivul pantografic, care acţionează două braţe montate în tandem.

Reductoarele cu cremalieră au schema cinematică reprezentată în fig. 15.3. Pinionul de pe axul motorului antrenează un lanţ cinematic, format din trei roţi dinţate *2*, *3* şi *4* care reduc viteza motorului la o valoare convenabilă. Mişcarea de rotaţie este transformată în mişcare rectilinie prin intermediul cremalierei *5*, care este condusă de ghidajul *6*. Cremaliera angrenează cu roata dinţată *7*, pe a cărui ax este fixat braţul ştergătorului sau cupla de legătură cu sistemul de articulaţie, cînd sînt două braţe de ştergere.

La toate tipurile de ştergătoare de parbriz reductoarele sînt încorporate alături de servomotor, constituind un monobloc. Carcasa reductorului este închisă etanş, pentru a menţine vaselina de ungere şi a nu permite pătrunderea umezelii.

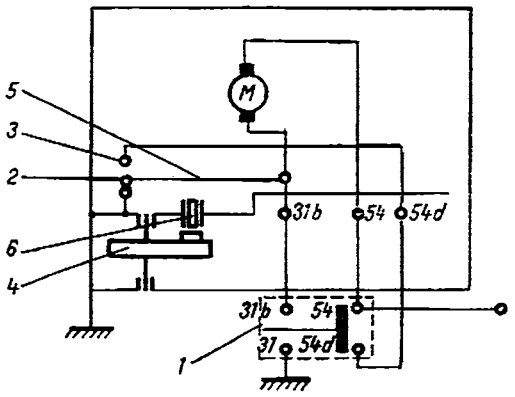


Fig. 15.4

Ştergătoarele de parbriz de tip mai recent sînt prevăzute cu un sistem întreruptor de sfîrşit de cursă încorporat şi aceasta în aparat şi a cărui schemă funcţională o (variantă) este dată în fig. 15.4. Comutatorul *1*, pe poziţia *31 b — 31*, pune sub tensiune motoraşul prin borna *54* — motor — *31 b* — *31* — masă (—). Acelaşi comutator pe *54 — 54 d*, stabileşte circuitul *54 d — 54* — motor — contactul *2* — carcasa aparatului — masă (—). Motoraşul ştergătorului rămîne astfel sub tensiune pînă cînd cama *4* acţionată de la axul de transmisie al reductorului, împinge lama arcuitoare port-contact *5*, prin intermediul elementului *6*, stabilind astfel contactul 3 ; se scurtcircuitează astfel rotorul motorului.

Proeminenţa camei este astfel poziţionată, încît întreruperea circuitului motorului corespunde cu poziţia de repaus a braţului ştergătorului, scoţîndu-l din cîmpul de vedere al conducătorului auto.

15.2.2. SERVOMOTOARE PENTRU SISTEMUL DE ÎNCĂLZIRE

Acestea sînt motoare care antrenează ventilatoarele aerotermelor, ce încălzesc cabinele autovehiculelor sau suflă aer cald peste parbrizul acestora pentru a împiedica aburirea geamului în timpul rece.

Debitul de aer cald este reglat prin variația turației ventilatorului, deci a motorului. Acest lucru poate fi făcut prin intermediul unei rezistențe introduse în excitația motorului. Reglarea vitezei se execută fie în mod continuu prin intermediul unui reostat, fie în trepte, sau ambele metode combinate.

Servomotoarele care acționează încălzitoarele autovehiculelor sînt în general motoare neîncorporate, adaptările la diversele tipuri de aparataje executîndu-se de obicei prin modificările palierului comandă.

La unele tipuri de aeroterme rezistențele de reglaj sînt încorporate în motor, de cele mai multe ori însă acestea constituie piese separate.

Din punct de vedere teoretic sau constructiv aceste motoare nu prezintă nimic particular față de mașinile obișnuite de curent continuu.

15.2.3. SERVOELECTROPOMPE

Acestea sînt îndeobște utilizate, pentru spălarea parbrizului. Sînt în general micromotoare încorporate, cu pompa și uneori și cu rezervorul într-un bloc din aliaj ușor sau din masă plastică. Rezervorul se alimentează din scurgerile de apă de ploaie de pe caroseria mașinii, avînd și un ventil de prea plin acționat de un plutitor.

Micromotorul nu prezintă alte particularități constructive decît acelea că se caută o soluție tehnologică care să se preteze la o automatizare cît mai completă a procesului de producție și anume :

— folosirea excitației din materiale magnetice dure sinterizate ;

— înglobarea în masă plastică a tuturor părților active (circuite magnetice, bobinaje etc.) ;

— lagăre autolubrifiante, colectoare obținute din tablă prin ambutisare etc.

15.2.4. SERVOMOTOARE PENTRU ACȚIONAREA AUTOMATĂ A GEAMURILOR, UȘILOR, CAPOTELOR.

Aceste servomotoare servesc la acționarea diferitelor dispozitive de automatizare a :

— ridicării și coborîrii geamurilor ;

— închiderii ușilor (în special la autobuze) ;

— acționării acoperișului la mașinile cu caroserie decapotabilă.

Pentru aceste funcțiuni dispozitivele electromecanice înlocuiesc din ce în ce mai mult dispozitivele pneumatice, datorită avantajelor pe care le prezintă, cum ar fi : consumul mai mic de energie, evitarea pierderilor de aer ca urmare a uzării pieselor de etanșare etc.

Motoarele care acționează aceste dispozitive sînt în general produse robuste, capabile să suporte pentru timp scurt supraîncărcări relativ mari. Lanțul cinematic al dispozitivului de acționare mecanică se compune dintr-un reductor de viteză, un element de schimbare a mișcării de rotație în mișcare rectilinie și sistemul de pîrghii adaptat funcțiunii respective.

Pentru schimbarea mişcării de rotaţie în mişcare rectilinie se foloseşte un angrenaj cu cremalieră.

Pentru oprirea motorului la sfîrşitul cursei se folosesc microîntreruptoare limitatoare de cursă. Oprirea, într-o poziţie intermediară limitei de cursă, se poate face după dorinţă cu ajutorul întreruptorului care pune motorul sub tensiune.

Reglarea sistemului de pîrghii în raport cu limitele de cursă constituie problema cea mai dificilă deoarece o reglare greşită duce la distrugerea sistemului de acţionare. Pentru uşurarea operaţiei de reglaj, pîrghiile de acţionare se sprijină pe un sistem elastic tarat, astfel încît valoarea forţei de reacţie dată de acesta să se situeze între forţa necesară acţionării şi efortul limită admisibil pentru rezistenţa sistemului.

15.3. MECANISME ELECTROMAGNETICE

Servomecanismele din această grupă se bazează din punct de vedere funcţional pe următoarele dispozitive :

— cuplaje electromagnetice cu curenţi turbionari ;

— electromagneţi de forţă a căror armătură mobilă, potrivit utilizării realizează fie un efort de apăsare de o anumită intensitate, fie o deplasare rectilinie de o anumită valoare sau o mişcare rectilinie alternativă de amplitudine relativ mică.

Teoria şi construcţia elementelor funcţionale a acestor dispozitive sînt cunoscute din literatura de specialitate şi din aceste motive nu le vom dezvolta în cele de faţă.

În ceea ce priveşte dimensionarea electromagneţilor vom preciza totuşi următoarele :

La elementele care trebuie să realizeze forţe de apăsare (fricţiune) întrefierul principal este o consecinţă tehnologică, iar forţa electromagnetică constituie o necesitate constructivă, ea rezultînd din efortul de apăsare ce trebuie realizat pentru a obţine forţa de frecare dorită.

La elementele care trebuie să realizeze deplasări sau mişcări rectilinii, întrefierul principal reprezintă parametrul constructiv, acesta rezultînd din mărimea cursei ce trebuie realizată, iar forţa portantă apare ca o consecinţă a întrefierului ce se impune.

15.3.1. SERVOMECANISME AUTO BAZATE PE PRINCIPIUL CUPLAJELOR ELECTROMAGNETICE

Din această categorie fac parte în special dispozitivele de frînare electromagnetică.

În scopul evitării uzurii rapide a frînelor obişnuite (prin fricţiune), se obişnuieşte să se adopte în prezent, în special pentru autovehicule grele,

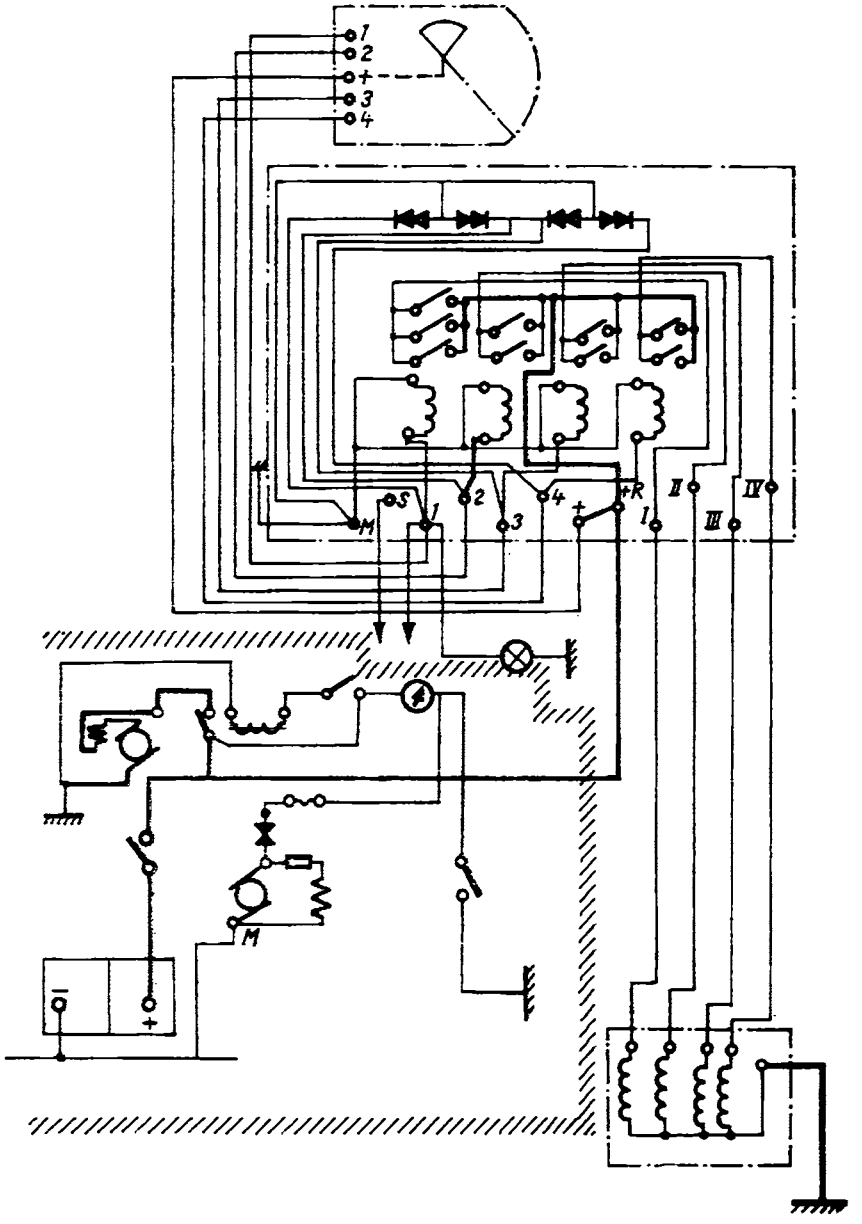


Fig. 15.5

un sistem de frîne electrice pe arborele de transmisie. Scopul acestui servomecanism electric este de a încetini mersul autovehiculului înainte de trecerea la frînarea prin fricțiune, care are rolul de oprire completă. Datorită faptului că uzura acestui servomecanism electric este practic nulă, el se pretează la frînarea în coborîre a pantelor, unde frînele clasice se uzează considerabil.

În principiu, dispozitivul de frînare electromagnetică se compune dintr-un disc conductor montat pe axa de transmisie, care se învîrte o dată cu aceasta. În acest disc se induc curenți turbionari datorită cîmpului magnetic creat de către polii unor electromagneți dispuși pe un stator așezat în fața acestuia. Cîmpul produs de curenții turbionari are tendința de a roti discul în sens opus mișcării lui, producînd în acest fel frînarea sistemului de transmisie, încetinindu-i mișcarea pînă la oprirea completă. În fig. 15.5 este reprezentată schema electrică de alimentare a unui dispozitiv încetinitor de viteză tip „Telma".

15.3.2. SERVOMECANISME CU ELECTROMAGNEȚI CARE EXERCITĂ FORȚE DE APĂSARE

Aceste servomecanisme folosesc în special la următoarele funcțiuni:
— cuple și ambreiaje electromagnetice;
— transmisii (cutii de viteză) electromagnetice;
— regulatoare de temperatură a apei de răcire a motorului.

Din punct de vedere funcțional aceste servomecanisme electromagnetice sînt de fapt niște cuple electromagnetice care acționează prin fricțiune cu ferodouri, apăsarea fiind realizată de către forța electromagnetică.

Deoarece aceste dispozitive necesită puteri relativ mari, este necesară o suplimentare a puterii energetice instalate (generatorul de alimentare a schemei electrice) spre a nu se solicita prea intens bateria. Din acest punct de vedere alimentarea cu alternator convine foarte bine (v. subcap. 3.5.).

Introducerea cuplelor magnetice în sistemul de comandă a autovehiculelor are avantaje certe atît pentru conducătorul auto, cît și pentru autovehicule, deși această problemă este foarte mult controversată.

Pentru conducător avantajele sînt următoarele

— reducîndu-i din manevre, îl obosește mai puțin și-i dă posibilitatea totodată să-și concentreze mai bine atenția asupra operațiilor de manevrare a volanului;

— reflexele conducătorului solicitate pentru un domeniu mai restrîns, se formează mai repede și acționează cu mai mare promptitudine.

Pentru autovehicul avantajele constau într-o exploatare mai ușoară a acestuia, ca urmare a faptului că:

— se realizează prin comanda automată o distribuție ușoară și controlată;

— prin posibilitatea blocărilor electrice se împiedică execuţia de manevre false, care dăunează transmisiei maşinii. De exemplu este imposibil de a se comanda o manevră pînă cînd o alta nu a fost în prealabil executată.

Din categoria de cuple care acţionează prin blocarea cu pulberi metalice magnetice, reprezentativă este aceea fabricată de întreprinderile JAEGER — Franţa, cunoscută şi sub denumirea de cupla Jaeger-Smith. Această cuplă este constituită dintr-un electromagnet pe volanta motorului a cărui bobină este alimentată de generatorul automobilului. Masa polară interioară a electromagnetului, montată pe o bucşă canelată, este solidară cu arborele principal al cutiei de viteze. O pulbere metalică formată din grăunţe fine de oţel aliat cu crom şi aluminiu, avînd caracteristic faptul că se oxidează la temperaturi foarte înalte (circa 900°C), face blocarea între partea exterioară a electromagnetului şi masa sa polară interioară. În fig. 15.6 este reprezentată o secţiune printr-o astfel de cuplă.

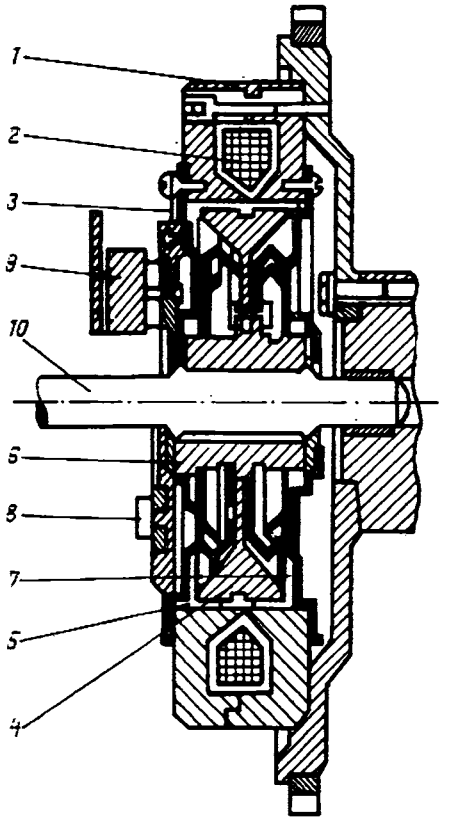


Fig. 15.6

Dispozitivul de cuplare este format din următoarele : pe volantul motorului este fixată cu buloane o coroană din oţel electrotehnic *1*, în care se găseşte înglobată înfăşurarea electromagnetului *2*. Geometria circuitului magnetic este astfel studiată încît fluxul magnetic este concentrat în *3*. Pe arborele cutiei de viteze *10* este calat un rotor volant *4*, care se învîrteşte liber în interiorul coroanei *1*, de care este despărţită printr-un întrefier foarte redus *5*. Acest volant este calat pe axul cutiei de viteze, prin intermediul bucşei canelate *6*. Alimentarea înfăşurării se face prin contactele alunecătoare *8* şi *9*. Colivia din tole *7*, menţine în părţile ei centrale pulberea magnetică, care este canalizată spre întrefierul *5*. Ca urmare a aglomerării pulberii magnetice în întrefier se produce blocarea rotorului *4* în raport cu coroana *1* şi deci a volantului motor cu axul cutiei de viteze.

Această aglomerare a pulberii se face în raport direct cu creşterea curentului în înfăşurarea bobinei, ca urmare a creşterii tensiunii de ali-

mentare a generatorului. Cum acesta este funcție de regimul motorului, rezultă că antrenarea este progresivă.

Fără curent sau la curenți foarte mici, ca urmare a scăderii turației motorului, acțiunea cuplei este nulă (axul cutiei de viteze nu este antrenat). Pe măsura creșterii vitezei motorului pulberea se aglomerează progresiv, antrenînd transmisia în mod progresiv, pînă la antrenarea totală fără alunecare. În felul acesta demarajul se face către vitezele superioare

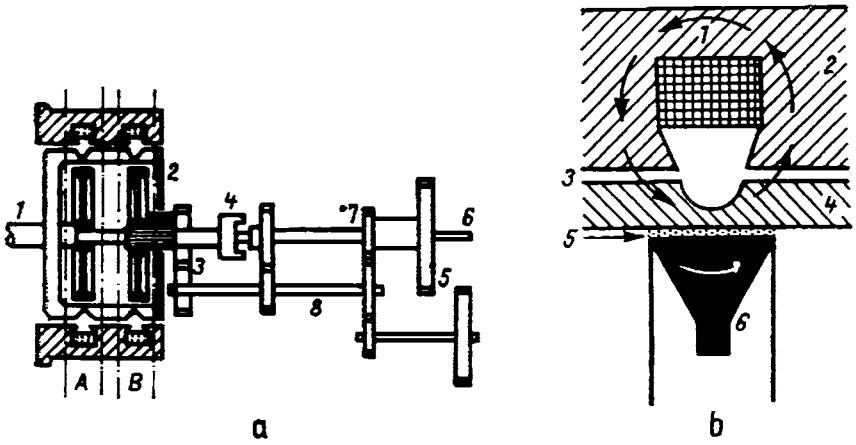


Fig. 15.7

fără riscul șocurilor. Manevrele greșite nu au efecte distructive, deoarece suplețea cuplei evită șocurile bruște în cazul manevrelor care cer de exemplu eforturi mari, la viteză mică.

Experiența a demonstrat că, și în cazul manevrelor foarte dure și repetate, încălzirea cuplei nu atinge niciodată limite periculoase pentru organele de legătură.

Cupla electromagnetică de tipul acesta nu necesită nici un reglaj ulterior și durata sa de viață este superioară celei a autovehiculului.

O aplicare a cuplelor electromagnetice cu pulbere metalică este tipul de transmisie automată Smiths. Ansamblul fabricat de firma Smiths, cunoscut sub denumirea „Eridrive", este o transmisie automată de mică putere care se montează la cerere pe automobilele turism Hillman Minx și Linger Gazelle.

Această transmisie automată, utilizează două cuple electromagnetice cu pulbere, ansamblul funcțional fiind redat în schema cinematică din fig. 15.7, *a* și *b*. În acestea *A* și *B* sînt cuplele electromagnetice cu pulbere avînd particularitatea că înfășurările sînt încorporate în părțile care rămin fixe în raport cu volantul motorului. Aceasta exclude necesitatea folosirii

contactelor alunecătoare. Funcţionarea acestor cuple permite cuplarea arborelui *1* cu arborele *6* sau arborele canelat *2*.

La mersul direct lucrează cupla *A*. La viteza a doua lucrează cupla *B* şi ambreiajul cu ghidare *4* este eliberat din angrenare. Mersul înapoi se comandă manual.

În fig. 15.7, *b* este reprezentat circuitul magnetic; crestătura este practicată în electromagnetul fix *2* în vederea dirijării fluxului magnetic prin întrefierul *3*, rotorul *4* şi pulbere *5* pentru a se închide prin rotorul cuplei *6*.

Faţă de cuplele hidraulice sistemul Smiths, ca urmare a alunecării reduse a părţii mobile (rotorul) în raport cu cea fixă, are un randament foarte ridicat, acesta rezumîndu-se numai la pierderile din înfăşurarea electromagneţilor.

Dintre cuplele electromagnetice care lucrează prin fricţiune, prezentăm în cele ce urmează ambreiajul automat Ferlec (fig. 15.8 şi fig. 15.9).

La ambreiajul clasic, efortul de strîngerea discului de fricţiune între platouri este furnizat de arcuri spirale. Debreierea este obţinută anulîndu-se presiunea arcurilor prin apăsarea pedalei de ambreiaj.

La ambreiajul Ferlec presiunea arcurilor este înlocuită prin acţiunea unui electromagnet, iar prin întreruperea curentului în circuit se produce debreierea. Schema electrică a acestui tip de ambreiaj, prezentată în fig. 15.8 cuprinde: inversorul *1* (montat la bird); levierul schimbătorului de viteze *2*; microîntreruptor *3*; mecanismul de ambreiaj *4*; bobina de aprindere *5*; regulator de tensiune *6*; cofret tip „Frelec" *7*; placă de racord cu două borne *8*; reostat *9*; rezistenţă de reglajul *10*; releu de debreiaj *11*.

Electromagnetul este alimentat direct de la generatorul de alimentare a schemei electrice, forţa portantă depinzînd de tensiunea acestuia şi de poziţia pedalei de acceleraţie, care comandă totodată şi un reostat regulator. Un întreruptor, încorporat în maneta schimbătorului de viteză, întrerupe circuitul electromagnetului cînd acesta este manevrat. În momentul în care se accelerează, se ambreiază automat. Debreiajul se produce automat şi în cazul în care motorul funcţionează în gol, cînd generatorul nu dezvoltă o putere suficient de mare, pentru a acţiona electromagnetul ambreiajului.

Pentru ca ambreiajul să poată funcţiona şi în caz de pană a generatorului sau ruptură a curelei de antrenare a acestuia, există o posibilitate de a se trece circuitul ambreiajului pe baterie prin acţionarea unui inversor, prevăzut în acest scop şi care se montează pe tabloul de bord. Această manevră se execută şi atunci cînd la staţionare se doreşte folosirea poziţiei unei viteze pentru frînare sau cînd avînd demarorul defect se porneşte autovehiculul prin remorcare.

Acest tip de ambreiaj (fig. 15.9) comportă: o carcasă *1* solidară cu arborele motor, în care se află încorporată înfăşurarea de excitaţie a electromagnetului *3*; o armătură *4* antrenată de către carcasă printr-o legătură flexibilă prin trei langhete care-i permite o apropiere sub atracţia electro-

magnetului, rămînind în acelaşi timp centrată ; o placă fixată pe carcasă, a cărei faţă posterioară serveşte drept sprijin discului de fricţiune *5* montat pe arborele canelat al cutiei de viteză şi o a doua placă, care fixată fiind pe armătură asigură cuplarea, pe cînd cealaltă este atrasă de către carcasă. Această placă are montate pe ea două inele

— inelul *8* (—) de retur al circuitului legat la masă ;

— inelul (+) izolat *10* conectat la înfăşurarea electro magnetului prin intermediul unei lame de contact. Două perii *6* şi *9* alimentează înfăşurarea.

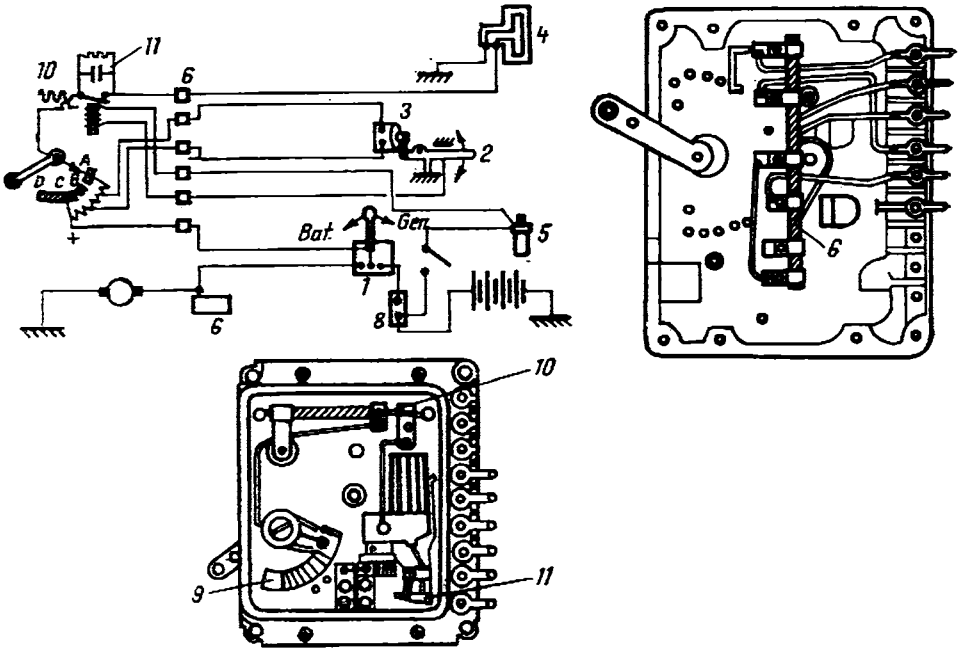


Fig. 15.8

La acest ambreiaj mişcarea se transmite de la arborele motor *12* prin platourile de presiune *5* şi *11* la arborele primar al cutiei de viteză *7*.

În tehnica auto se folosesc şi ambreiaje automate mixte (electromecanice), care funcţionează în acelaşi timp atît sub acţiunea forţei centrifuge, cît şi sub efectul forţei electromagnetice. Unul dintre aceste tipuri de ambreiaje este ambreiajul mixt de tip Gravina, fabricat de firma Ferrodo şi care este acţionat de două comenzi :

— O comandă centrifugă şi automată depinzînd de regimul motorului, determinat prin acţionarea acceleratorului. Debreiajul se produce la ra-

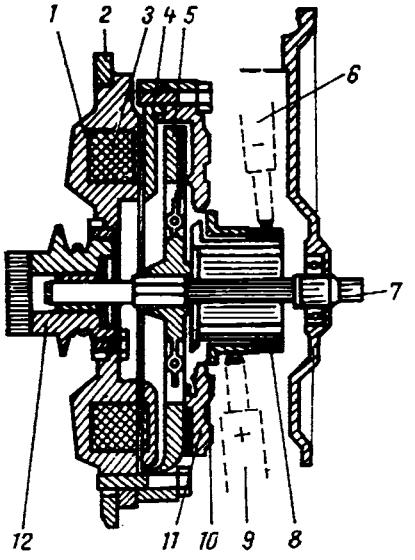


Fig. 15.9

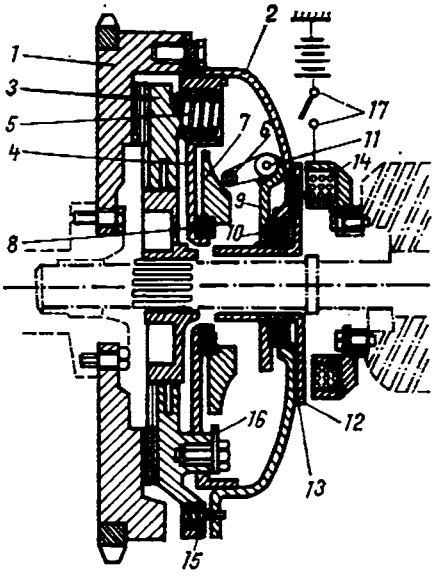


Fig. 15.10

lenti, la oprirea motorului şi la terminarea frînării. Această comandă asigură în acelaşi timp demarajul progresiv pe măsură ce viteza de rotaţie a motorului creşte.

— O comandă electrică, care se face prin intermediul manetei schimbătorului de viteză, fiind în felul acesta subordonată voinţei conducătorului auto. Acest fapt, îi permite acestuia de a ambreia sau debreia în orice circumstanţă şi independent de regimul motorului.

Acest sistem cuprinde următoarele elemente (fig. 15.10): un capac *2* care este fixat pe volantul motorului *1*.

Un dispozitiv automat centrifugal compus dintr un suport *9* pe care sînt fixate articulat contragreutăţile *11* terminate cu cîte un galet *7*. Subansamblul suport cu contragreutăţi este montat pe un rulment cu bile *10*.

Un dispozitiv de presiune compus dintr-o placă de presiune *3* antrenată de capac prin intermediul unui sistem flexibil şi dintr-o placă *4*, pe care se găsesc montate arcurile *5*. Pe placa *4* se găseşte montat rulmentul *8*, pe care se fixează cama *7*. Distanţa relativă între cele două plăci, care în momentul debreerii se îndepărtează sub acţiunea arcurilor de rapel *15* este limitată de plăcuţele tampon *16*.

Dispozitivul de debreiaj comandant este compus dintr-o armătură *12* pe care se găseşte montată o garnitură de fricţiune *13*, care prin intermediul unei bucşe canelate asigură antrenarea suportului *9*. Subansamblul cuprinde de asemenea un electromagnet *14*, în circuitul căruia curentul este stabilit prin manevrarea întreruptorului *17* încorporat în maneta schimbătorului de viteză.

Un dispozitiv de antrenare, este prevăzut cu un disc de fricţiune, care asigură un efect de cuplare progresiv.

Schema de funcţionare a ambreiajului este următoarea: maneta schimbătorului de viteză este la punctul mort, iar motorul în regim ralenti.

Forţa centrifugă ce acţionează contragreutăţile dispozitivului centrifugal este de intensitate mică, fiind compensată de cea a arcurilor de rapel. Cupla se găseşte în poziţie de debreiaj.

Conducătorul auto vrea să angajeze o viteză. În acest scop manevrează maneta schimbătorului de viteză, care prin întreruptorul încorporat stabileşte curentul în circuitul electromagnetului. Acesta imobilizează dispozitivul centrifugal producînd debreiaj complet. Odată angajată viteza dorită conducătorul auto accelerează motorul. Cînd maneta schimbătorului de viteză este eliberată contactul încorporat în aceasta întrerupe circuitul electromagnetului şi acesta eliberează dispozitivul centrifugal, care ambreiază progresiv pe măsura accelerării motorului.

În cazul schimbării vitezelor, comanda electrică imobilizează dispozitivul centrifugal şi produce instantaneu debreiajul electric. În felul acesta se obţine succesiv debreiajul şi ambreiajul electric prin manevrarea manetei schimbătorului de viteză, urmată imediat de demarajul progresiv al automobilului, produs de dispozitivul centrifugal.

Dacă automobilul este frînat parţial sau total, fără a se atinge maneta cutiei de viteze, motorul nu este pus în situaţia de a rămîne calat. Într-adevăr în cazul frînării bruşte, încetinirea mersului automobilului reduce regimul motorului, fapt care are drept urmare debreiajul produs de sistemul centrifugal.

În momentul în care maneta schimbătorului de viteză este readusă în punctul mort, comanda electrică dată de întreruptorul încorporat în manetă produce debreiajul electric, obţinîndu-se astfel şi debreiajul centrifugal; se asigură în acest mod funcţionarea motorului în gol.

Important de reţinut, cu privire la ambreiajul mixt, este avantajul că folosind un sistem de ambreiere centrifugal, (deci acţionat mecanic), consumul de energie electrică se reduce numai la aceea consumată în momentul schimbării vitezelor.

Un ambreiaj similar cu cele descrise mai sus este cel utilizat pentru cuplarea şi decuplarea ventilatorului pentru răcirea radiatorului motorului, în vederea menţinerii motorului la regimul termic optim. Pentru reglarea

temperaturii apei de răcire a motorului se utilizează în mod normal un termostat cu ceară sau lichid, care obturează mai mult sau mai puțin alimentare radiatorului. Același lucru se poate obține prin ambreierea sau debreierea succesivă a ventilatorului. Această operație poate fi făcută cu ajutorul unei cuple electromagnetice comandată de un releu termic cu termobimetal sau cu termistor.

Funcționarea ventilatorului de răcire a radiatorului nu este necesară pentru toate regimurile de mers ale autovehiculului. Astfel, la deplasările cu viteză mare ale acestuia, acțiunea lui poate fi înlocuită în mod corespunzător de curentul de aer, care spală radiatorul. În această perioadă el poate fi oprit, puterea consumată de acesta poate fi de circa 3... 4 CP, fiind folosită spre a dezvolta autovehiculului o viteză mai mare. S-au ridicat diagrame de mers în astfel de situații și a rezultat că în mers normal, pe drumuri în afara circulației în oraș, ventilatorul poate rămîne în cea mai mare parte a timpului decuplat.

Protagoniștii acestui sistem insistă asupra următoarelor avantaje, pe care le prezintă ventilatorul debreiabil și anume : cîștig de putere ; diminuare consumului de combustibil ; ameliorarea silențiozității de mers a autovehiculului prin faptul că în cazul în care ventilatorul este debreiat șuieratul produs de acesta dispare.

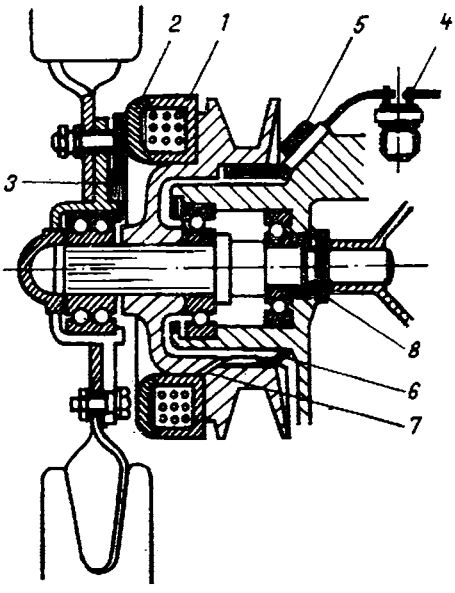


Fig. 15.11

Principiul de funcționare și construcția dispozitivului de debreiere-ambreiere este dată în fig. 15.11. Electromagnetul *1* este solidar cu roata de transmisie a pompei de apă ; armătura *2* este îmbinată elastic cu ventilatorul, putîndu-se roti liber pe axul pompei de apă. Îmbinarea elastică este realizată prin trei barete *3*, care asigură antrenarea acestuia în momentul în care armătura este atrasă de electromagnet. Curentul electric este stabilit și întrerupt, după caz, în circuitul de alimentare prin intermediul unui termocontact *4* care întrerupe circuitul pentru o temperatură de 84°C a apei de răcire și restabilește circuitului pentru o temperatură de 75°C. Intervalul de 9°C este suficient pentru a nu produce o funcționare alternativă de ambreiaj-debreiaj cu o frecvență nu prea mare.

Sistemul de alimentare, cu energie electrică a bobinei este compus din peria *5*, contactul alunecător inelar *6*, bobina și legătura sudată la masa

învîrtitoare. Legătura electrică între masa învîrtitoare a cuplului şi masa fixă se face independent de bilele rulmentului şi anume prin arborele pompei de apă şi garnitura de cărbune *8* care freacă pe faţa de sprijin a acestuia.

În locul sistemului de ventilator cu ambreiaj se poate folosi un ventilator cu motor electric comandat în acelaşi mod.

Ambele sisteme reclamă o cantitate de energie electrică suplimentară, lucru de care trebuie ţinut cont în dimensionarea sistemului electric de alimentare.

15.3.3. SERVOMECANISME ELECTROMAGNETICE CARE REALIZEAZĂ MIŞCĂRI RECTILINII ALTERNATIVE

Aceste servomecanisme se folosesc în special pentru acţionarea anumitor pompe ale autovehiculului cum ar fi :

— pompa de combustibil ;

— pompa de ulei ;

— pompa pentru spălarea parbrizului.

Principiul de funcţionare a acestor pompe este dat în fig. 15.12. Electromagnetul *1* atrage armătura mobilă *2*. În consecinţă contactul *3* este deschis întrerupînd circuitul electromagnetului ; contactele se închid restabilind circuitul, după care ciclul se repetă. Amorsarea acestor pompe este automată, ea putînd fi făcută prin intermediul unui întreruptor aflat la bord şi independent de funcţionarea motorului. Mai departe, armătura mobilă a electromagnetului este legată prin intermediul unei tije de un burduf *5*, care execută prin depresiunile şi presiunile create alternativ pomparea fluidului. Două supape *6* şi *7*, respectiv de admisie şi refulare, marchează distinct timpii de pompare (aspiraţie, respingere).

Pentru pompele de alimentare cu combustibil se iau şi precauţiuni în plus, cum ar fi introducerea unor elemente de filtrare, etanşarea mecanismului electric în raport cu aerul pentru prevenirea pericolului de incendiu etc.

Pentru pompele de alimentare cu combustibil este foarte importantă şi amplasarea acesteia în circuitul hidraulic de alimentare. Faptul că pompa electrică nu este legată funcţional de motor, permite amplasarea ei într-un loc rece destul de aproape de rezervorul de benzină, ceea ce evită formarea bulelor de gaz (Wapourlock) fenomen care în general împiedică buna funcţionare a sistemului de alimentare cu combustibil a carburatorului. În fig. 15.12, *b* este reprezentat un circuit de alimentare cu combustibil care foloseşte o pompă electrică.

15.4. ÎNTRERUPTOARE

Din această grupă fac parte elementele de comutaţie servind la închiderea, deschiderea sau comutarea diverselor circuite din instalaţiile electrice ale autovehiculelor, realizîndu-se în acest fel, intrarea sau scoaterea din

funcţiune a diverşilor consumatori electrici din instalaţie sau modificări în regimul de funcţionare al acestor consumatori.

Se obişnuieşte ca aceste aparate să fie grupate sub denumirea generală de întreruptoare, deşi din grupă fac parte pe lîngă întreruptoarele propiu-zise

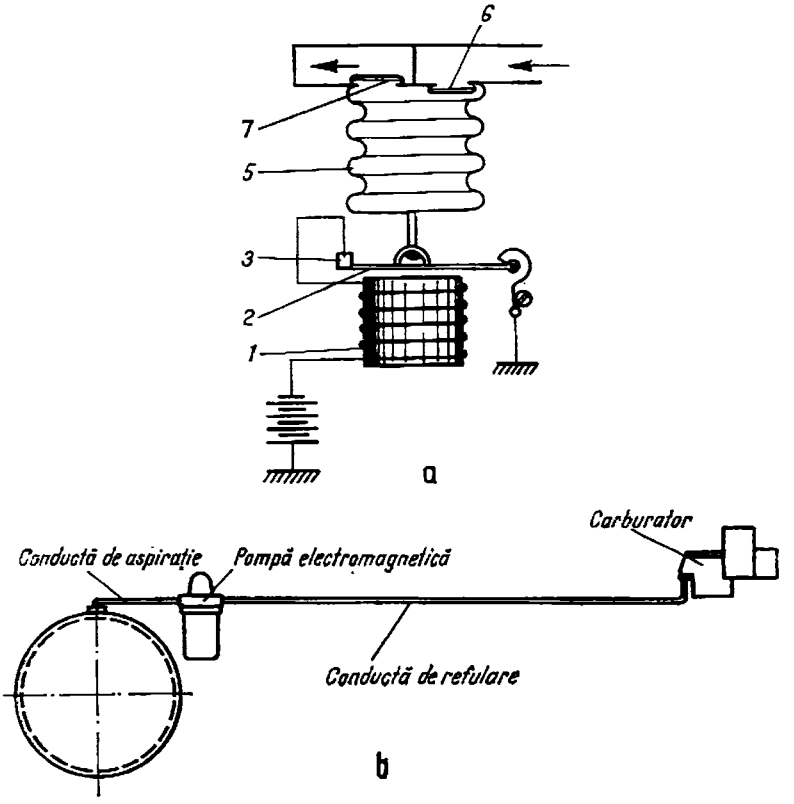


Fig. 15.12

şi alte aparate de conectare ca separatoare, comutatoare, butoane de contact etc.

Denumirea generală de întreruptor este adoptată şi prin diferite norme naţionale sau internaţionale ca de exemplu Publicaţia 14/1959 a C.E.I. (Comisia internaţională de reglementare în vederea aprobării echipamentului electric). În alte norme sau publicaţii, produsele din această grupă poartă denumirea generală de elemente de conectare sau *conectoare*..

Elementele de conectare de pe autovehicule sînt destul de diverse, putîndu-se constata şi pentru această grupă tendinţe de perfecţionare şi modernizare ca urmare a evoluţiei tehnicii, cît şi ca urmare a creşterii

numărului de funcţii şi a complexităţii echipamentului electric de pe autovehicule.

Părţile componente principale ale întreruptoarelor sînt :

— elementul de acţionare;
— mecanismul de racordare;
— contactele propriu-zise (contacte fixe şi contacte mobile);
— elementul de asigurare a presiunii pe contacte;
— părţi constructive diverse (carcase, borne, garnituri de etanşare etc.).

La unele întreruptoare găsim numai o parte din componentele de mai sus. De exemplu la întreruptoarele acţionate hidraulic sau pneumatic şi în general la întreruptoarele cu revenire automată în poziţie de repaus, lipseşte mecanismul de racordare.

La alte întreruptoare apar şi unele părţi suplimentare, cum ar fi dispozitive pentru stingerea arcului electric.

15.4.1. CLASIFICAREA ÎNTRERUPTOARELOR

Elementele din grupa întreruptoarelor se pot clasifica după diferite criterii.

Din punct de vedere al numărului de poziţii întreruptoarele pot fi cu 2, 3, 4 sau mai multe poziţii, în ultimele cazuri fiind bine înţeles vorba de comutatoare.

Menţionăm că aceste poziţii pot fi : stabile sau instabile (cu revenire automată la poziţia iniţială atunci cînd se eliberează elementul de acţionare).

Pentru a realiza anumite funcţiuni speciale, se prevăd la unele comutatoare, dispozitive de blocaj, care fac ca poziţiile de comutare să nu poată fi realizate decît într-o anumită ordine.

Din punct de vedere al numărului de circuite, întreruptoarele pot comanda : 1, 2, 3, 4 sau mai multe circuite. Ca urmare întreruptoarele au numere diferite de borne.

Din punct de vedere al parametrilor electrici nominali, întreruptoarele se clasifică în funcţie de valoarea tensiunii nominale şi a curentului nominal.

Tensiunile nominale ale întreruptoarelor pot fi 6, 12 sau 24 V. Bineînţeles că întreruptoarele realizate pentru o anumită tensiune (de exemplu 24 V), pot fi utilizate în instalaţii cu tensiuni nominale mai reduse (de exemplu 12 V), cînd nu există un întreruptor mai ieftin la 12 V.

Curentul nominal constituie un parametru important de alegere şi utilizare a întreruptoarelor, depinzînd de soluţia constructivă aleasă. Valoarea curenţilor nominali este destul de diversă variind de la fracţiuni de amperi pînă la zeci şi chiar sute de amperi.

De asemenea este important şi se specifică în normele întreruptoarelor dacă produsul este destinat comutaţiei circuitelor pur rezistive sau se admite folosirea lor şi la comanda circuitelor inductive, precizîndu-se în ultimul caz şi raportul între inductanţă şi rezistenţă.

Din punct de vedere al etanşeităţii soluţiile sînt de asemenea variate, de la întreruptoare fără nici un fel de măsuri de etanşare utilizate în interiorul cabinelor autoturismelor, pînă la întreruptoare etanşe utilizate pe tractoare sau în părţile exterioare ale autovehiculelor.

Din punct de vedere al duratei de conectare aceasta poate fi de scurtă durată sau de durată, depinzînd de timpul de alimentare a consumatorului respectiv.

Exemple de întreruptoare cu conectare de scurtă durată sînt: cele pentru avertizoarele acustice, demaraj etc. Marea majoritate a întreruptoarelor au însă conectare de durată. Bineînţeles că anumite probleme constructive şi funcţionale se pun în mod diferit la cele două categorii de întreruptoare. Astfel, problemele privind încălzirea sînt determinante mai ales pentru întreruptoarele cu conectare de durată.

Din punct de vedere al modului de acţionare întreruptoarele pot avea acţionare: mecanică, hidraulică, pneumatică şi electromagnetică.

Întreruptoarele cu acţionare mecanică sînt cele mai numeroase putîndu-se deosebi mai multe subgrupe:

— acţionare manuală;

— acţionare cu piciorul (de exemplu, schimbătorul de faze de pe anumite categorii de autovehicule);

— acţionare prin deplasarea diferitelor organe ale autovehiculului (de exemplu pedala frînei).

Majoritatea întreruptoarelor sînt cu o acţionare manuală, care la rîndul lor se pot împărţi în următoarele categorii

— întreruptoare rotative;

— întreruptoare axiale;

— întreruptoare basculante;

— întreruptoare combinate.

Întreruptoarele rotative pot fi acţionate prin mînere de acţionare sau chei de acţionare. În ultimul caz întreruptorul este prevăzut de obicei cu mecanism „Yalle" în scopul asigurării securităţii automobilului.

Întreruptoarele rotative sînt cele mai indicate pentru realizarea construcţiilor etanşate. Datorită acestui fapt sînt utilizate în mare măsură pe tractoare şi alte autovehicule, la care este necesară protecţia împotriva pătrunderii prafului.

Întreruptoarele rotative permit de asemenea realizarea, în caz de nevoie, a unui mare număr de poziţii de comutare (4—5 sau chiar mai multe) fiind din acest punct de vedere superioare celorlalte tipuri de întreruptoare.

Din punct de vedere al comodităţii de acţionare, întreruptoarele rotative se acţionează mai puţin comod decît alte tipuri de întreruptoare. Această dificultate se datoreşte faptului, că execuţia manevrei este mai complexă, constînd din: prinderea mînerului şi rotirea sa. Din aceste motive întreruptoarele rotative nu sînt indicate la autovehiculele de mare viteză pentru realizarea unor funcţii impuse în timpul mersului de o anumită situaţie din circulaţie, cînd acţionarea trebuie să fie promptă şi foarte comodă, de exemplu: semnalizarea schimbărilor de direcţie sau comu-

tarea fazei de drum cu faza de întîlnire, funcție pentru care este comodă acționarea prin întreruptoare basculante cu tijă montate pe butucul volantului, la care acționarea constă dintr-o simplă apăsare a tijei într-o anumită direcție.

Întreruptoarele rotative dau satisfacție pentru orice funcții pe autovehiculele cu viteza de deplasare redusă, iar pe autovehiculele cu viteză de deplasare mare pentru funcțiuni a căror realizare nu necesită o promptitudine deosebită.

Întreruptoarele axiale au de obicei 2 sau 3 poziții. Un caz particular al întreruptoarelor axiale îl constituie butoanele de contact.

Întreruptoarele axiale se pot realiza și în construcții etanșe însă acest lucru este mai dificil decît în cazul întreruptoarelor rotative.

Sînt destul de des utilizate pentru comanda diverselor circuite de pe autovehicul, totuși la unele autovehicule noi s-a preferat înlocuirea lor cu întreruptoare cu clapetă pentru a se evita astfel proeminențele dure de pe bord, în scopul micșorării pericolului de rănire în cazul accidentelor de circulație. Din motive asemănătoare se utilizează unele întreruptoare cu butoane moi.

O construcție particulară o prezintă întreruptoarele axiale pentru comanda luminilor prevăzute cu reostat de reglare a intensității luminoase a lămpilor de bord. La aceste întreruptoare, pe lîngă mișcarea axială a butonului, în scopul comutării diverselor circuite, există și posibilitatea ca prin rotirea butonului să se realizeze variația unei rezistențe legată în serie cu lămpile de bord.

Întreruptoarele basculante. Pot fi de tipul cu tijă (pîrghie de acționare) sau cu clapetă de acționare, în acest ultim caz fiind numite în mod curent și întreruptoare tip cumpănă. Au de obicei 2 sau 3 poziții, mai rar 4 sau mai multe.

Datorită comodității deosebite în acționare și aspectului arhitectonic plăcut la autovehiculele introduse recent în fabricație, se constată tendința de a se folosi întreruptoare basculante acționate prin pîrghie montate pe butucul volanului și întreruptoare cumpănă sau blocuri de întreruptoare cumpănă montate pe bord.

Întreruptoarele basculante se etanșează mai greu, din această cauză sînt mai puțin folosite pe tractoare. Un caz particular îl constituie blocurile de întrerupătoare tip claviatură folosite la bordul unor autovehicule.

Întreruptoare combinate. Aceste aparate înglobează în același produs mai multe întreruptoare și comutatoare, avînd în consecință mai multe elemente de acționare.

Se montează de obicei pe butucul volanului concentrînd funcțiile ce trebuie realizate curent în timpul mersului (semnalizarea direcției, semnalizarea sonoră, comanda luminilor de drum și de întîlnire). Pentru o mai ușoară manevrare sînt de tipul basculant cu tijă de acționare.

Întreruptoarele hidraulice, pneumatice, mecanice sînt acționate prin variația presiunii din diferite circuite hidraulice sau pneumatice de pe

autovehicul sau (cele mecanice) de deplasarea unor organe ale autovehiculului.

Cu ajutorul acestor întreruptoare se pot realiza diverse funcții de semnalizare sau de blocare, pentru evitarea unor manevre greșite sau periculoase. Ele se montează pe organul pe care îl controlează.

Din punct de vedere al funcțiunilor îndeplinite pe autovehicul diversitatea întreruptoarelor este mare, rolul întreruptoarelor fiind în funcție de circuitul sau de grupa de circuite comandate, precum și de schema de comutație pe care o realizează în circuitul respectiv. Principalele tipuri de întreruptoare clasificate după criteriul funcțiunii sînt :

Separatoare de baterie. Acestea sînt montate în circuitul principal al bateriei de acumulatoare, fie între borna (+) a bateriei și restul instalației, fie mai frecvent între borna (—) a bateriei și masă. Cu ajutorul acestui separator se realizează scoaterea de sub tensiune a întregii instalații electrice, în timpul staționărilor mai îndelungate, eliminînd astfel posibilitatea de apariție accidentală a unor scurtcircuite, în perioada de staționare ; scurtcircuite care, prin incendierea autovehiculului nesupravegheat au consecințe grave. Atunci cînd sînt acționate prin cheie detașabilă, realizează și protecția autovehiculului împotriva punerii sale în funcțiune de persoane care nu posedă cheia.

Separatorul este dimensionat pentru a suporta, în poziția închis, pentru perioade scurte (5...10 s) curenți de valoare ridicată absorbiți de demaror în timpul procesului de pornire (sute sau chiar mii de amperi) și pentru a întrerupe curenți de valoare mică existenți pe circuit în mod accidental, în cazul în care nu s-au deconectat toți consumatorii electrici de pe autovehicul ; (în mod normal deconectarea separatorului de baterie se face după ce toți consumatorii au fost deconectați prin întreruptoarele circuitelor respective).

Acest separator este amplasat pe autovehicul în imediata apropiere a bateriei sau pe traseul baterie-demaror, fiind total neindicată amplasarea pe bord sau în poziți-care ar duce la lungirea cablurilor baterie-demaror, întrucît aceasta ar duce la consum de cupru (cablurile baterie-demaror au secțiunea mare) și la scăderea puterii demarorului datorită creșterii căderilor de tensiune pe cablajul de alimentare.

În fig. 15.13 este reprezentat separatorul de baterie tip 6710 (U.E.P.S.). Caracteristicile acestui separator sînt :

— curentul nominal, 250 A;
— curentul admis pentru scurtă durată (5 s) în poziția închis, 2500 A;
— tensiunea nominală, 24 V;
— mod de acționare, rotativ;
— tipul de contacte, frontale din cupru cu două locuri de întrerupere.

În unele cazuri separatoarele de baterie sînt acționate de la distanță prin intermediul unui electromagnet de cuplare, a cărui bobină este alimentată prin intermediul unui întreruptor existent la bord. În serie cu bobina se prevede o diodă, care permite alimentarea bobinei electromagnetului,

numai dacă conectarea bateriei de acumulatoare la instalaţie s-a făcut respectîndu-se polaritatea.

În cazul în care în urma unei revizii sau reparaţii conectarea bateriei s-a făcut invers, aceasta va produce imediat distrugerea diodelor alternatorului. Separatorul de baterie menţionat anterior împiedică conecta-

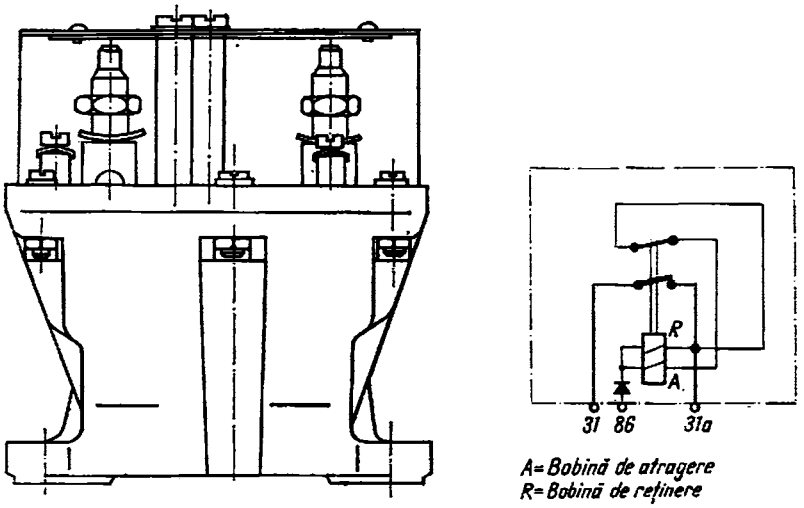


Fig. 15.13

rea bateriei la instalaţie, evitînd astfel distrugerea alternatorului sau a altor produse, pentru care este interzisă conectarea la polaritate inversă. În fig. 15.14 este reprezentat un asemenea separator şi schema sa electrică.

Un caz particular îl reprezintă comutatoarele de baterie folosite de autovehiculele care au tensiunea nominală a instalaţiei de 12 V, iar tensiunea nominală a sistemului de pornire de 24 V. Aceste autovehicule au două baterii de acumulatoare, care în poziţia normală a comutatorului de baterie sînt conectate în paralel, iar la pornire alimentează sistemul de pornire la 24 V, pentru că alimentîndu-se bobina de acţionare a comutatorului de baterie, bateriile sînt deconectate de restul instalaţiei electrice şi conectate în serie. În fig. 15.15 este reprezentat comutatorul de baterie tip VK 30 B şi schema lui de funcţionare.

Întreruptoare principale. Acestea sînt întreruptoare acţionate cu cheie prin intermediul unui mecanism Yalle şi condiţionează alimentarea unuia sau mai multor consumatori importanţi ai autovehiculului, astfel încît fără a acţiona acest întreruptor să nu fie posibilă pornirea sau circulaţia cu autovehiculul respectiv de către neposesori de cheie.

Pentru autovehiculele cu motor cu benzină acest întreruptor condiţionează întotdeauna alimentarea sistemului de aprindere, putînd însă

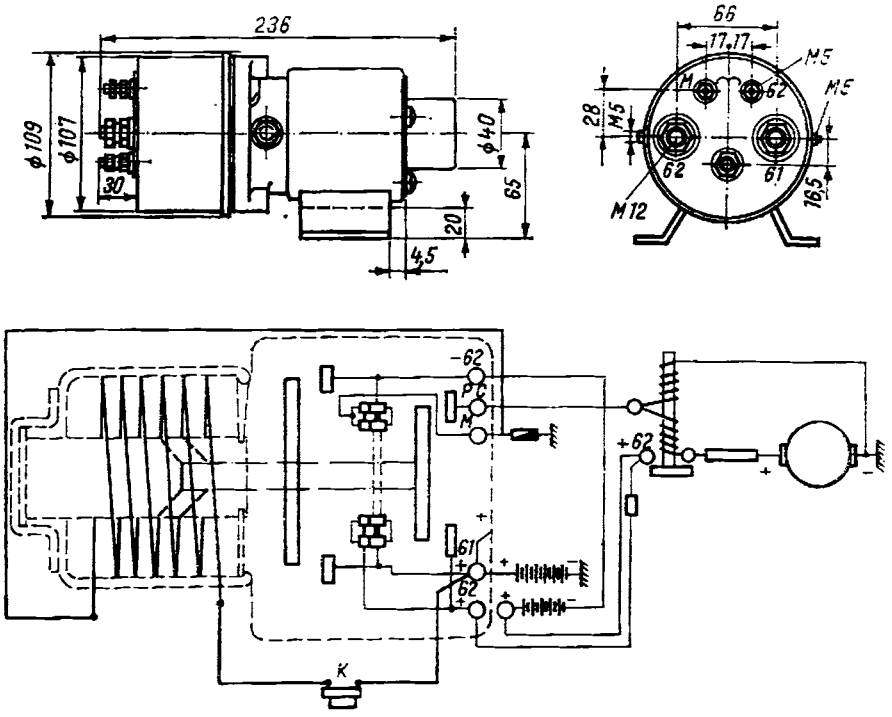


Fig. 15.14

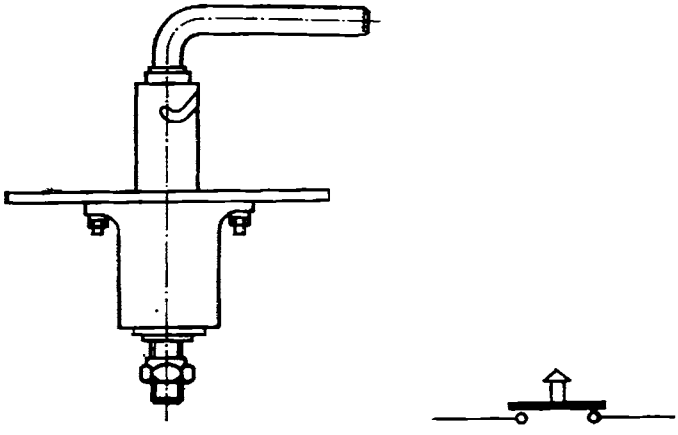


Fig. 15.15

să condiţioneze şi alimentarea altor consumatori ca : sistemul de pornire ; aparatele de bord ; sistemul de semnalizare ; alimentarea circuitului de excitaţie al alternatorului pentru unele sisteme de alimentare cu alternator.

La unele tipuri condiţionarea pornirii se face prin alimentarea circuitului buton-demaror-releu demaror-demaror de la bobina de ieşire din cheia de contact (cazul cheii 4 BC 2 de pe autocamioanele Carpaţi şi Bucegi).

Alte tipuri au o a treia poziţie *pornire*. Prin comutarea în această poziţie se realizează alimentarea demarorului fără a mai fi necesară prevederea în schemă a unui buton de pornire. Poziţia pornire este nestabilă la eliberarea cheii, aceasta revenind automat în poziţia contact.

Între întreruptoarele cu cheie pentru aprindere şi pornire există tipuri cu dispozitiv de protecţie împotriva punerii în funcţiune a demarorului în timpul funcţionării motorului termic, deoarece această manevră poate distruge pinionul demarorului şi coroana dinţată a volantei motorului. Dispozitivul constă într-un sistem de blocaj, care nu permite o a doua comutare din poziţia contact în poziţia pornire, decît dacă între acestea s-a adus cheia în poziţia zero, adică s-a comandat oprirea motorului. Cu asemenea sistem este prevăzută cheia de contact a autoturismului DACIA 1300.

Unele categorii din aceste întrerupătoare sînt prevăzute şi cu dispozitiv *antifurt* de blocare mecanică a volanului, atunci cînd întreruptorul este adus în poziţia de zero şi cheia este scoasă din comutator. Acest dispozitiv constă dintr-un zăvor acţionat la rotirea cheii, care acţionează fie radial (de exemplu la Dacia 1100) fie axial (de exemplu la Dacia 1300).

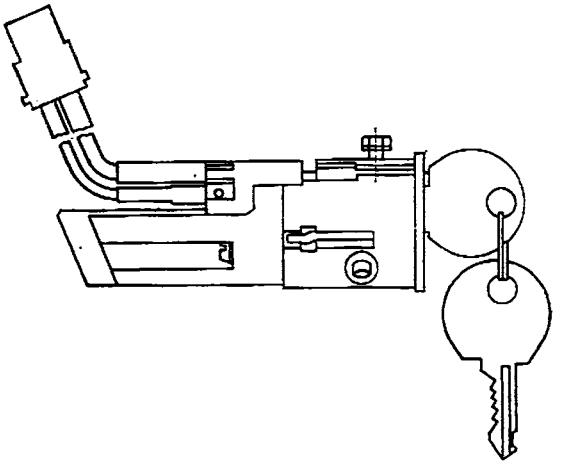
La autovehiculele cu motor Diesel, întreruptorul general cu cheie condiţionează de obicei funcţionarea sistemului : de pornire, de semnalizare optică şi acustică, de iluminare bord şi iluminare exterioară.

În fig. 15.16 este reprezentat comutatorul cu cheie pentru aprindere-pornire şi blocare volan de pe Dacia 1300 şi diagrama sa de comutare.

Butoane de pornire. Prin intermediul lor se comandă pornirea autovehiculului atunci cînd nu este prevăzută poziţia de pornire la întreruptorul principal (cheia de contact). Prin intermediul acestor butoane se alimentează bobina releului demaror. Funcţionarea lor ca şi a demaroarelor este de scurtă durată. Sînt prevăzute cu două borne, două contacte fixe şi două mobile de obicei de tipul contactelor frontale. Unele tipuri au trei borne, cea de a treia bornă servind, în cazul pornirii motoarelor cu benzină, la scurtcircuitarea rezistenţei adiţionale a bobinei de aprindere pentru creşterea energiei scînteii produse la bujii în timpul pornirii. Bineînţeles soluţia se aplică numai cînd funcţia nu este preluată de un contact suplimentar al releului demaror şi cînd bobina de aprindere este prevăzută cu rezistenţă adiţională.

Comutatoarele de încălzire-demaraj. Acestea se folosesc la pornirea motoarelor Diesel prevăzute cu sistem de preîncălzire înaintea pornirilor

la rece (sistem cu bujii incandescente sau sistem cu termoinjector). Au trei poziţii : zero, încălzire, pornire. Toate poziţiile sînt cu revenire automată la zero. Funcţionarea este de scurtă durată.



Poziţie	Borne			
	+	Radio	Aprindere	Demaror
Stop 1)				
Radio	●	●		
Garaj 2)				
Mers	●	●	●	
Demaraj 3)	●	●	●	●

Fig. 15.16

Notă: 1) La extragerea cheii zăvorul blochează volanul;
2) La extragerea cheii nu se produce blocarea volanului;
3) După eliberarea cheii, aceasta revine automat în poziţia *mers*. O nouă realizare a poziţiei *demaraj* nu este posibilă decît după trecerea în poziţia *garaj*.

Comutatoare pentru lumini. Ele servesc la conectarea următoarelor circuite :

a) luminii de poziţie şi gabarit, lampă număr circulaţie şi iluminare aparate de bord;

b) lumini de drum (fază mare);

c) lumini de întîlnire (fază mică).

Au de obicei trei sau patru poziţii realizînd :

— poziţia zero nu se stabileşte nici un contact;

— poziţia *1* — se alimentează circuitele a din aliniatul precedent;

— poziţia *2* — se alimentează circuitele a + b;

— poziţia *3* se alimentează circuitele a + c.

În unele cazuri poziția *3* lipsește, comutarea fazelor făcîndu-se prin intermediul unui comutator separat (de exemplu schimbătorul de faze acționat cu piciorul tip S F 1 existent pe autocamionale Carpați și Bucegi) sau printr-un releu de comutare a fazelor acționat prin impulsuri de la maneta comutatorului de semnalizare a direcției.

Alte tipuri sînt prevăzute și cu o a cincea poziție, corespunzînd alimentării numai a lămpilor de poziție pentru staționările pe partea carosabilă în timpul nopții, sau cu o a șasea poziție corespunzînd alimentării consumatorilor de zi (claxon, semnalizare direcție, aparate bord, etc.).

Comutatoarele din această grupă prezintă o mare diversitate de scheme de comutare, de funcții, de construcții. Pe unele autovehicule, aceste funcțiuni sînt relizate toate printr-un singur comutator, avînd un singur element de acționare ; pe alte autovehicule se folosesc comutatoare combinate (mai multe comutatoare cu mai multe elemente de acționare reunite într-o singură carcasă, montată de obicei pe butucul volanului), iar în alte cazuri se folosesc mai multe comutatoare și întreruptoare separate.

Uneori în comutatorul de lumini se include și un reostat, care se înseriază în circuitul lămpilor de bord, putîndu-se astfel regla intensitatea luminoasă a acestor lămpi la o valoare care să nu deranjeze conducerea pe timp de noapte.

Amplasarea comutatoarelor de lumini se face întotdeauna la bord sau pe carcasa butucului volanului, în poziții care să permită manevrarea comodă de către conducătorul auto.

Poziția	Bornele			
	30	B	56	58
1	•	—	•	—
2	•	—	•	
3	•	—	—	•
4				
5	•	—		

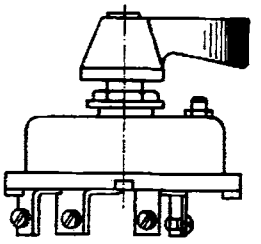


Fig. 15.17

În fig. 15. 17 este reprezentat comutatorul tip KL utilizat pe tractoarele S 650 și S 1300 și diagrama sa de comutare.

Principalele lui caracteristici sînt :

— tensiunea normală: 12 V;
— curentul nominal: 20 A la borna de intrare;
10 A la bornele de ieșire;
— regim de funcționare: de durată;
— tip de protecție: IP 54 Conf. STAS 5325-62;
căderea de tensiune pe contacte la curentul nominal: maximum 100 mV;
— încercare de durată: 20 000 manevrări la curentul și tensiunea nominală;
— efort de comutare: 1...25 kgf aplicate la capătul pîrghiei.

Comutatoarele pentru semnalizarea direcției .Acestea servesc la alimentarea circuitului de semnalizare a direcției (releu de semnalizare — lămpi de semnalizare — lămpi martor la bord). Totdeauna au trei poziții : dreapta, zero și stînga.

Comutatoarele de semnalizare, butonul claxon și schimbătorul de faze trebuie acționate ce cea mai mare promptitudine în timpul conducerii, astfel că amplasarea lor, mai ales la autovehiculele cu viteză de circulație medie și mare, trebuie să fie studiată în mod deosebit.

De obicei comutatoarele de semnalizare sînt de tipul basculant cu tijă de acționare, iar la autovehiculele moderne se preferă amplasarea pe butucul volanului astfel, încît să poată fi acționate fără a se ridica mîna de pe volan.

În fig. 15.18 este reprezentat comutatorul combinat al autovehiculului Dacia 1300 și diagrama sa de comutare.

La tractoare sau alte autovehicule cu viteză redusă se utilizează și comutatoare de tipul rotativ montate pe bord.

Construcțiile montate pe butucul volanului sînt prevăzute de obicei și cu dispozitiv de readucere automată la zero, acționat de mișcarea de rotire a volanului după efectuarea virajului.

La unele autovehicule, se folosesc comutatoare de semnalizare cu dublu circuit, cel de al doilea circuit folosind la alimentarea lămpilor de semnalizare de pe remorcă, atunci cînd tipul releului de semnalizare impune alimentarea acestor lămpi prin circuite separate. Aceste comutatoare realizează scheme speciale și în cazul în care lămpile de semnalizare montate la spatele autovehiculului sînt utilizate ca lămpi stop.

Unele construcții includ în comutator o lampă martor de semnalizare la bord a funcționării circuitului de semnalizare.

În ultimul timp sistemul de semnalizare de pe autovehicule a căpătat și funcțiunea de semnalizare avarie, funcție care constă în semnalizarea prin impulsuri luminoase intermitent emise simultan de lămpile de semnalizare direcție de pe ambele părți ale autovehiculului, avertizînd astfel participanții la circulația rutieră că autovehiculul respectiv se află în pană.

Comutatoare de rezervoare. Acestea se utilizează pe autovehiculele care au mai multe rezervoare de combustibil, realizînd, în funcție de poziția la care este comutat, legătura între aparatul indicator de nivel aflat la bord și traductorul electric de nivel montat pe rezervorul respectiv, precum și legătura între becul de semnalizare optică a rămînerii pe rezerva de combustibil și borna traductorului prevăzută pentru această funcție.

Butoane claxon. Acestea servesc la alimentarea avertizoarelor acustice. În majoritatea cazurilor sînt montate în centrul volanului și acționate prin buton sau pîrghie sau sînt incluse în comutatoarele combinate pentru comanda iluminatului și semnalizării. La tractoare sau alte autovehicule cu viteză redusă, funcția poate fi realizată prin butoane obișnuite montate pe bord.

Atunci cînd sînt montate în centrul volanului au o bornă la masă pentru a simplifica modul de realizare a legăturilor electrice; volanul

fiind un element rotitor, legătura electrică se face fie printr-un conductor adus prin orificiul axei volanului, axă care în acest caz este confecționată

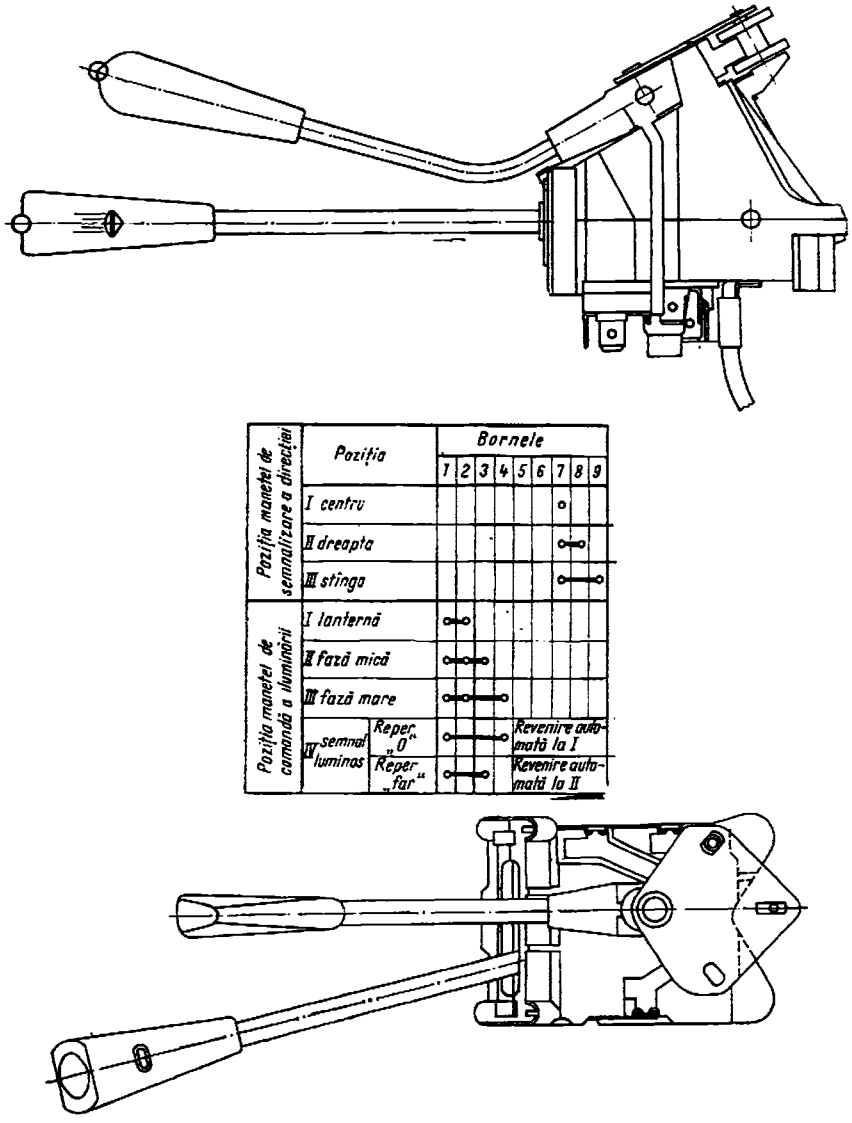


Fig. 15.18

din țeavă, fie prin aducerea legăturii printr-un contact alunecător (perie + + inel colector fixat pe axa volanului).

În celelalte cazuri, butonul claxon are două borne izolate, claxonul avînd una din borne la masă.

Pentru autovehiculele cu mai multe claxoane sau avînd claxon de mare putere, se intercalează între butonul claxon și claxon un releu intermediar, în acest caz butonul claxon realizează alimentarea bobinei acestui releu.

Întreruptoare și comutatoare pentru comanda motorului electric ștergător de parbiz, motorului electric pentru climatizor etc. Acestea sînt montate pe bord. Pot fi constituite din simple întreruptoare sau din comutatoare cu o schemă de conexiuni mai complexă, acest lucru fiind în funcție

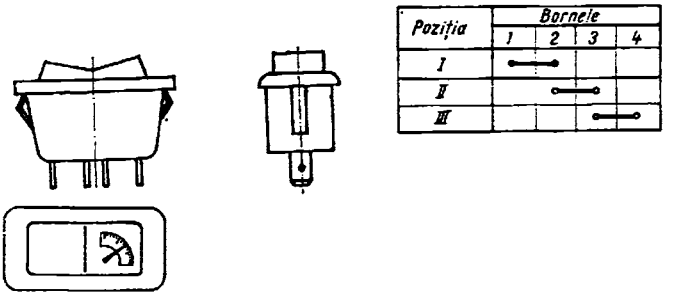


Fig. 15.19

de: numărul de viteze de funcționare a electromotorului respectiv, de schema de schimbare a vitezelor și de alte particularități constructive ale electromotoarelor (inductor electromagnetic sau inductor cu ferite). Uneori, prin comutatorul ștergător de parbriz se comandă și intrarea în funcțiune a electropompei de spălat.

În fig. 15.19 este reprezentat comutatorul de comandă a electromotorului ștergător de parbriz de pe Dacia 1300 și diagrama sa de comutare.

Contacte ușă. Acestea au rolul de a aprinde automat lămpile din cabină la deschiderea ușii autovehiculului. Sînt constituite din întreruptoare de tipul butoanelor de contacte normal închise montate în tocul ușii autovehiculului, astfel ca la închiderea ușii prin apăsarea produsă pe buton contactele să se deschidă, iar la deschiderea ușii acestea să se închidă producînd alimentarea lămpii din cabină.

De asemenea pe unele autovehicule se folosesc diverse întreruptoare simple cu două poziții pentru comanda diverselor circuite auxiliare, atunci cînd autovehiculul este prevăzut cu asemenea circuite. Acestea sînt:

— întreruptor far ceață;
— întreruptor iluminare motor;
— întrerupător iluminare portbagaj;

— întreruptoare de telecomandă, electrohidraulică sau electro pneumatică, a unor dispozitive de pe autovehicule.

Întreruptoarele din această categorie realizează alimentarea unor electroventile, care prin deschiderea sau închiderea unui circuit hidraulic sau pneumatic realizează o anumită operație.

În această categorie, intră întreruptoare diverse cum ar fi cele pentru :

— comanda blocării diferențialului ;
— comanda cuplării reductorului ;
— comanda cuplării prizei de putere.

16. SCHEMELE INSTALAȚIILOR ELECTRICE ALE AUTOVEHICULELOR

16.1. SCHEMELE ELECTRICE ALE AUTOVEHICULELOR PROBLEME GENERALE

La montarea lor pe autovehicule, elementele echipamentului electric sînt interconectate, realizîndu-se astfel instalația electrică generală a autovehiculului respectiv. Interconectarea se face de obicei în cadrul unui singur circuit general, în care toți consumatorii sînt alimentați de la sistemul de alimentare și bateria de acumulatoare.

Există totuși și cazuri în care se găsesc pe același autovehicul instalații electrice separate, dacă asta o cer diverse necesități funcționale ca :

— instalații electrice cu tensiuni nominale diferite, avînd surse de alimentare diferite ; de exemplu $U = 12$ V pentru echipamentul electric obișnuit și $U = 24$ V sau mai mare, pentru anumite produse specifice, care impun o tensiune nominală mai ridicată ;

— existența instalației electrice de curent continuu și instalației electrice de curent alternativ pe același autovehicul ;

— existența în afara schemei electrice principale a unui sistem electric separat (de exemplu în cazul autovehiculelor care pe lîngă schema electrică principală au sistemul de aprindere cu magnetou, care nu este conectat la schema principală).

Schemele electrice ale autovehiculelor pot fi cu un conductor sau cu două conductoare. Din motive economice se utilizează în marea majoritate a cazurilor scheme electrice cu un conductor, închiderea circuitului realizîndu-se prin masa metalică a autovehiculului. La marea majoritate a autovehiculelor și în totalitate la autovehiculele ce se fabrică în prezent în România, polul pozitiv este izolat, iar polul negativ este legat la masă.

Schemele cu două conductoare se folosesc atunci cînd aparatul este montat pe un material izolant sau pe un material metalic, care nu asigură un contact electric bun (de exemplu, duraluminiu).

Pentru a avea o durată de viață corespunzătoare, conductoarele de legătură trebuie să îndeplinească o serie de condiții :

— să reziste la solicitări mecanice, vibrații, loviri, frecări, flexiuni repetate existente în funcție de tipul și destinația autovehiculului și de

gradul de expunere a porțiunii respective de circuit la solicitări mecanice suplimentare ;

— să reziste la temperaturi coborîte, care pun probleme în special în privința calității materialelor izolante ; solicitarea la temperaturile minime trebuie avută în vedere la autovehiculele destinate zonelor cu temperaturi scăzute ;

— să reziste la temperaturi ridicate, avîndu-se în vedere în special cablajele montate pe motor sau pe alte organe cu temperatura ridicată ;

— să reziste la acțiunea uleiului, benzinei și motorinei ;

— să reziste, în funcție de destinația autovehiculului, la climate speciale de exemplu la condițiile specifice climatului tropical umed, atunci cînd autovehiculul este destinat funcționării în acest climat).

Terminalele conductoarelor (papuci, fișe plate etc,) trebuie să asigure un contact electric bun, cădere de tensiune redusă, încălzire mică și să reziste mecanic și chimic.

Conductoarele cablajului sînt grupate în fascicule (mănunchiuri) în funcție de traseul lor pe autovehicul, întregul fascicul fiind consilidat și protejat prin înfășurare cu bandă sau introducerea în tuburi, care sînt executate de obicei din masă plastică. Montarea pe autovehicul se face cu ajutorul scoabelor, garniturilor și manșoanelor, de buna fixare a cablajului pe traseul ales depinzînd evitarea roaderii izolațiilor datorită vibrațiilor.

Pentru a facilita demontarea în subansamble a autovehiculului, porțiunile din cablaj care sînt montate pe subansamblul respectiv constituie mănunchiuri de cablaje separate, care se conectează cu restul schemei prin prize multipolare sau reglate de conexiune.

Conductoarele se execută din cupru multifilar pentru a avea flexibilitatea necesară. Secțiunea conductoarelor se alege astfel, încît să nu se depășească căderea de tensiune admisă pentru circuitul respectiv, după care se face verificarea prin calcul a încărcării din punct de vedere termic în limitele de temperatură prescrise de producătorul cablului.

De obicei primul criteriu, cel al căderilor de tensiune, este determinant. Indiferent de rezultatul calculului de dimensionare, din considerente mecanice nu se utilizează conductoare cu secțiunea sub 0,5 mm^2. Subliniem că pentru buna funcționare a anumitor circuite se prescriu în mod special, chiar de fabricantul produsului, valorile limită ale căderilor de tensiune sau ale rezistențelor electrice ale conductoarelor.

Realizarea instalațiilor electrice de pe autovehicule se face conform schemelor în care sînt indicate prin semne convenționale : aparatele care intră în componența schemei, inscripționarea bornelor, conductoarele de legătură, indicîndu-se la acestea secțiunea în mm^2 și culoarea (culorile) ; indicații utile pentru a facilita intervențiile în cadrul schemei cu oaczia verificărilor sau depanărilor.

În schemele de montaj de pe autovehicul se indică pe lîngă cele de mai sus și alte date necesare executării operațiilor de montaj :

— poziția de montaj a aparatelor pe autovehicul ;

— piesele de montaj (suporți, șuruburi, piulițe, șaibe etc);
— traseele fasciculelor, modul de pozare (fixare) a fasciculelor pe aceste trasee, inclusiv piesele necesare (scoabe, manșoane, garnituri etc.);
— modul de realizare a conexiunilor la bornele aparatelor, precum și alte indicații speciale privind modul de montare sau elementele ce intervin.

În cărțile autovehiculului care însoțesc autovehiculul la cumpărător sînt adeseori prezentate schemele electrice, în care aparatele nu sînt prezentate prin simboluri, ci prin desene care să reprezinte cît mai sugestiv aparatele, pentru a facilita înțelegerea schemei de nespecialiști.

16.2. PROBLEME PRIVIND ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE DE PE AUTOVEHICULE

Constatarea și remedierea deranjamentelor în instalațiile electrice de pe autovehicule. Elementele din schema electrică a autovehiculelor, ca orice organism funcțional, necesită anumite operații de întreținere făcute periodic, chiar dacă funcționarea lor continuă să fie ireproșabilă. De asemenea un control periodic este necesar pentru a se preveni anumite deranjamente.

Experiența practică precum și studiile de fiabilitate făcute asupra comportării produselor în exploatare, sau probe accelerate de anduranță pe bancuri special amenajate, au furnizat date pentru stabilirea perioadelor de control și întreținere a produselor de echipament electric auto, precum și asupra organelor care trebuie întreținute, înlocuite sau recondiționate.

Unele cărți tehnice ale autovehiculelor conțin și instrucțiuni privind îngrijirea tehnică a echipamentului electric.

Întreprinderile de reparații și întreținere auto, precum și garajele moderne, posedă din partea furnizorilor de autovehicule carnete speciale de întreținere, în care se indică momentul în care diferite organe sau aparate trebuie controlate sau revizuite.

Este adevărat că tendința modernă a constructorilor de echipament electric este de a reduce la maxim întreținerile prin utilizarea unor soluții tehnice de mare fiabilitate cum ar fi și utilizarea de:
— lagăre autolubrifiante;
— rulmenți capsulați unși definitiv;
— contacte autocurățitoare la aprindere.

La fel putem cita înlocuirea dinamului de curent continuu cu alternatoare, unde colectorul este înlocuit cu diode redresoare, care reprezintă o soluție statică, are o fiabilitate mărită și totodată nu necesită nici o întreținere specială. Din aceeași categorie fac parte aparatele care folosesc componente electronice, unde nu este necesară nici o întreținere, fiind indicat chiar să nu se umble de loc la acestea. Fiabilitatea acestor aparate,

este practic nelimitată, depășind durata de viață a autovehiculului, cu condiția excluderii manevrelor greșite.

Totuși o serie de operații de întreținere electrică vor fi necesare în orice situație. Citățm spre exemplu :

— completarea cu apă distilată a bateriilor ;

— curățirea și ungerea suprafețelor de alunecare la echipamentul rotativ ;

— curățirea contactelor sau schimbarea ruptoarelor la echipamentul de aprindere ;

— înlocuirea periilor și curățirea colectoarelor la demaroare și la alte mașini electrice din schema autovehiculului.

Operațiile de întreținere, revizie, și reparație a echipamentului electric sînt multe, ele executîndu-se după o serie de reguli tehnice și utilizînd personal calificat și în mare parte utilaj specializat. Cum acestea nu fac obiectul lucrării de față nu vom insista asupra lor.

În tabelul 16.1 vom da o parte din defecțiunile ce pot apărea în exploatare la instalația electrică, depistarea lor, precum și măsuri de remediere ce pot fi luate pentru a fi repuse în funcțiune.

Nu toate cazurile de defecțiune este indicat a se rezolva cu mijloace improvizate, deoarece lipsa de instrumente sau utilaj specializat poate face ca lucrarea făcută în mod improvizat să ducă la dereglarea altor elemente din schema electrică. De exemplu : o reglare făcută cu mijloace improvizate la regulatorul de tensiune, poate duce la distrugerea bateriei. Acest aparat este un aparat pretențios din categoria instrumentelor de măsurat, operația de reglare a acestuia făcîndu-se în condiții de mediu climatizat și cu utilaje speciale.

Metodele de reparare indicate sînt în unele cazuri date în vederea remedierii imediate a unei pane intervenite pe parcurs, în scopul posibilității de a continua drumul.

În general pentru a determina perturbațiile pentru orice receptor sau porțiune de circuit, trebuie încercat să se localizeze defectul cît mai exact posibil. Presupunînd sau verificînd dacă bateria și conexiunea sa la masă sînt în ordine se procedează în modul următor :

— se separă porțiunea de circuit defectă ;

— se separă pe rînd, în porțiunea de circuit defectă : receptorii, întreruptorul, cablurile care se controlează separat. În modul acesta se poate determina rapid elementul defect. În acest caz schema cablajului cu indicarea culorilor circuitului este de mare utilitate, mai ales pentru sistemul de cablaj în fascicul. Totuși înlocuirea unei porțiuni de cablu defect este dificil de făcut. Se poate tăia cablul și înlocui cu unul exterior de cel puțin aceeași secțiune. E preferabil însă înlocuirea întregului fascicul.

Observație. Locurile unde cablurile descriu curbe sau trec prin diverse găuri de traversare practicate în caroserie sînt cele mai susceptibile de defectare. Porțiunile respective trebuie protejate cu tile izolante. Bridele de strîngere au rolul de a fixa bine cablurile de caroserie și a evita, uzura acestora datorită frecării.

Tabelul

Principalele defecțiuni ce pot apărea

Sistemul funcțional din schema electrică	Elementul din schema defectă sau presupus defectă	Perturbații constante	Cauze posibile
0	1	2	3
Sistemul de alimentare cu energie electrică a schemei autovehiculului	Bateria de acumulatoare	Tensiunea bateriei foarte scăzută, cade complet la conectarea celui mai slab consumator	Baterie descărcată deoarece : — un receptor rămîne în circuit — bornele sînt foarte oxidate sau nestrînse
Aparatură de control folosită Ampermetrul sau voltmetrul de bord Voltampermetru portabil Lampă de control Ohmmetru portabil Densimetru Ampermetru cu furcă pentru controlul bateriei		Tensiunea rămîne în mod constant joasă	Unul sau mai multe elemente sînt în stare proastă : — sulfatați — pastă căzută de pe plăcile pozitive Conjunctor-disjunctorul este defect sau reglat prea sus Regulatorul de tensiune sau de intensitate defect sau rău reglat Densitatea acidului este insuficientă
Trusă de dinamometre Truse de cale		Elementii trebuie completați prea des cu apă distilată	Bateria este supraîncărcată, regulatorul fiind prost reglat La dinamul cu trei perii, peria auxiliară se găsește prea aproape de peria principală
		Bateria fierbe ușor în timpul încărcării și se descarcă foarte repede	Plăcile sînt sulfatate fiindcă au funcționat uscate sau descărcarea se face brusc
	Dinamul	Dinamul nu încarcă (Mijloacele de control de la bord arată acest lucru)	Se verifică : — dacă toate bornele de legătură sînt bine strînse — dacă periile fac un bun contact pe colector — dacă dinamul dă tensiune, lipsa curentului de încărcare se datorește nefuncționării disjunctor-conjunctorului

16.1 continuare

în exploatare la instalația electrică

Controlul și depistarea defectului	Remedierea defectului	Alte observații
4	5	6
Se măsoară tensiune la borne Se măsoară densitatea electrolitului	Se reîncarcă bateria Se curăță papucii și bornele, se ung sau eventual se schimbă papucii	
Se controlează cu ampermetrul cu furcă	Se înlocuiește bateria	Operația se face în atelier specializat
Se măsoară tensiunile și curenții în funcționare	Se înlocuiește releul defect Se reglează releele dereglate	Operația se execută cu precauție numai în cazul în care se constată că descărcarea nu provine din altă cauză
Se controlează cu densimetrul	Eventual se adaugă electrolit de densitate 1,24	De exemplu cînd se constată că au fost scurgeri de electrolit
Se măsoară valoarea tensiunii reglate cu generatorul funcționînd	Se reglează regulatorul Se ajustează poziția celei de a treia perii	Operația se face în atelier specializat
Se măsoară densitatea electrolitului, se încarcă bateria cu curenți reduși Fierberea denotă sulfatarea	Se încarcă bateria cu (1/2...1/4) *I* pînă cînd densitatea electrolitului nu mai crește Eventual se schimbă bateria	
Se controlează tensiunea dinamului Se controlează dacă întinderea curelei este suficientă Se măsoară eventual rezistența înfășurărilor statorului și rotorului	Se vor strînge bornele Se vor înlocui periile dacă sînt prea uzate; în acest caz se desprinde dinamul de pe motor, se demontează curățindu-se colectorul; se canelează colectorul	

0	1	2	3
		Conjunctor-disjunctorul nu execută punerea în circuit a generatorului	Contactul la masă a soclului releului nu este bun Bobina de tensiune arsă Contacte perlate
		Conjunctor-disjunctorul nu deconectează circuitul de încărcare	Arcul de rapel al armăturii rupt sau dereglat Contacte lipite (sudate) din cauza perlării
	Regulatorul de tensiune	Tensiunea insuficientă dată de dinam sau alternator	Contactele regulatorului murdare sau perlate, modificînd rezistența de cîmp Tensiunea arcului prea slabă Întrefierul principal prea mic
		Tensiunea dinamului sau alternatorului prea înaltă	Arcul regulatorului de tensiune prea tare Întrefierul principal al electromagnetului prea mare
	Regulatorul de intensitate	Intensitatea redusă a curentului de sarcină pentru o tensiune normală a dinamului	Arcul regulatorului insuficient de tare Întrefierul principal prea mic
		Intensitatea prea mare a curentului de încărcare	Arc prea tare
		Contactele regulatorului bat anormal și dinamul încetează să mai încarce	A intervenit inversarea polarității dinamului după control sau revizie

Tabelul 16.1 (continuare)

4	5	6
Se demontează conjunctor-disjunctorul și se verifică tensiunea de anclanșare Se controlează bobina tensiune, apăsînd armătura cu degetul	Se reface corect conexiunea la masă Se înlocuiește conjunctor-disjunctorul Se curăță contactele	
Ampermetrul de bord indică descărcarea Martorul de alertă stins cînd motorul nu funcționează Tensiunea baterici scade ca efect al descărcării pe înfășurarea rotorică a generatorului	Se întrerupe conexiunea bateriei Se înlocuiește conjunctor-disjunctorul	
Se scurtcircuitează contactele cu un cablu Se controlează cu un dinamometru Se controlează cu o cală de grosime	Se curăță contactele cu o pilă fină și cu hîrtie lucioasă Se mărește presiunea arcului curbînd suportul acestuia Se reglează cu o cală	Toate aceste operații se execută în atelier specializat
Idem Idem	Se înlocuiește suportul arcului Se reglează	Idem
Se verifică cu dinamometrul Se controlează cu cală de grosime	Se curbează suportul resortului Se reglează	Idem
Verificarea cu dinamometrul	Se curbează suportul arcului	Idem
Se verifică polaritatea cu voltmetrul	Se repolarizează dinamul	

0	1	2	3
	Alternatorul	*Rotorul* Curentul de excitație nul alternatorul nu debitează	Contact slab al periilor pe inelele de contact Bobinaj întrerupt Cădere de tensiune prea mare în rotor
		Curent de excitație redus (conjuncție întîrziată și debit insuficient) Curent de excitație prea mare (Alternatorul nu mai debitează)	Inele de contact ancrasate Scurtcircuit parțial în bobinajul rotoric Punerea la masă a circuitului de excitație
		Statorul Curentul debitat insuficient	Fază întreruptă Fază în scurtcircuit parțial sau total Fază la masă
		Diode Curentul maxim limitat Curentul alternatorului este nul	Una sau două diode de aceeași polaritate în scurtcircuit Una sau două diode întrerupte Trei diode de aceeași polaritate în scurtcircuit Două diode de polaritate inversă în scurtcircuit Trei diode întrerupte
Sistemul de pornire *Aparataj de control folosit* (același)	*Demarorul* (inclusiv releul și butonul de pornire)	Demarorul nu se învîrtește sau se învîrtește prea încet	Bateric descărcată sau uzată Nivelul electrolitului prea scăzut Bornele bateriei sînt nestrînse sau oxidate
			Un cablu pus la masă sau legătura proastă la masă Contactele releului perlate Butonul demaror defect Întreruptorul electromagnetic nu funcționează

Tabelul 16.1 (continuare)

4	5	6
Se măsoară curentul de excitație Se măsoară rezistența înfășurării rotorice	Se înlocuiesc periile Se curăță și se string legăturile electrice Se mărește presiunea arcurilor periilor	
Se verifică rezistența de izolație față de masă a înfășurării rotorice	Se curăță inelele de contact Se înlocuiește rotorul	
Se măsoară rezistența circuitului Măsurarea tensiunilor pe faze Măsurarea rezistenței de izolație (cu diode neconectate)	Se rebobinează statorul	
Verificarea diodelor în sens invers Verificarea diodelor în sens invers Verificarea diodelor în sens invers Verificarea diodelor în sens invers Verificarea diodelor în sens direct	Se înlocuiesc diodele	
Se controlează bateria cu densimetrul și ampermetrul cu furcă ; tensiunea la borne minim 1,6 V	Se încarcă sau se înlocuiește bateria Se completează apa distilată Se umple bateria cu apă distilată	
Se măsoară căderea de tensiune	Se string conexiunile și se curăță Se curăță și se pilesc contactele	
Scurtcircuitarea butonului Scurtcircuitarea contactelor releului Scurtcircuitarea contactelor întreruptorului	Se înlocuiește butonul Se curăță releul și contactul eventual se înlocuiește Se demontează întreruptorul și se revizuiește Eventual se înlocuiește	

0	1	2	3
			Arborele se învîrteşte greu din cauza lipsei de ungere; uleiul ancrasat şi şiclit (în special iarna)
		Demarorul se blochează	Se produce în special prin rămînerea pinionului angrenat pe coroană ca urmare a uzurii acesteia
		Pinionul nu angrenează cu coroana volantului	Pinionul se deplasează greu pe filet ca urmare a ancrasării acestuia
		Demarorul face un zgomot anormal (citeodată acest zgomot apare numai la turaţie mare sau la cuplare)	Palierele demarorului sînt insuficient unse Inductorul freacă pe stator Arborele poate fi încovoiat datorită blocării pinionului
Sistemul de aprindere	Ruptor Distribuitorul (Delcou)	Motorul nu porneşte	Contactul nu se stabileşte la întoarcerea cheii
Aparataj de control	Bobină Bujiile		
Voltampermetru portabil Dwellmetru Stroboscop cu lampă de neon			Contactele ruptorului nu se deschid
Punte portabilă *RLC* Trusă de calc Lampă de control Dinamometru			Contactele sînt puternic perlate Contactul între bobină şi distribuitor sînt nestrînse sau foarte oxidate Înfăşurarea secundară a bobinei defectă Condensatorul străpuns (scurtcircuitat)
		Motorul dă rateuri	Bujiile sînt ancrasate, îmbătrînite, distanţa între electrozi este exagerată

Tabelul 16.1 (continuare)

4	5	6
Se curăţă arborele se unge		
Se eliberează pinionul prin slăbirea şuruburilor de prindere a demarorului pe motor	Se schimbă coroana volantului	
Se demontează demarorul şi se controlează dispozitivul de cuplare (bendixul)	Se curăţă cu petrol sau benzină şi se unge, se evită ungerea ambreiajului	
Se desprinde demarorul de pe motor, se încearcă învîrtirea arborelui cu mîna căutîndu-se eventualele poziţii de blocare	Se revizuieşte rotorul Se îndreaptă şi se ia un şpan subţire la strung pentru uniformizare Eventual se înlocuieşte motorul	
Se observă indicaţia ampermetrului, în lipsă se verifică cu o lampă de probă	Se localizează şi se remediază defectul Se înlocuieşte eventual cheia de contact	
Se controlează cu lampa de probă conectată în paralel cu contactele ruptorului-distribuitorului	Se reglează distanţa între contacte utilizînd trusa de cale şi lampa de control, se verifică apoi cu Dwellmetru	
Se măsoară căderea de tensiune pe contactele închise	Se curăţă contactele cu pila; eventual se înlocuiesc contactele	
Se măsoară căderile de tensiune pe contactele presupuse imperfecte	Se curăţă bornele şi se înlocuiesc cablurile defecte	
Se verifică cu puntea continuitatea şi rezistenţa circuitului	Se schimbă bobina	
Se verifică cu puntea condensatorul	Se schimbă condensatorul	
Se verifică la străpungere la tensiunea de 220 V		
Se scurtcircuitează pe rînd bujiile	Se curăţă bujiile şi se controlează cu un aparat de controlat bujii	
Bujia defectă nu produce schimbare în mersul motorului	Se ajustează distanţa între electrozi Eventual se schimbă bujiile defecte	

0	1	2	3
			Condensatorul are pierderi mari în dielectric, contactele fac flamă
		Motorul dă rateuri la turaţie mare	Arcul ruptorului prea slab Pîrghia ruptorului se roteşte greu Arborele ruptorului se roteşte anormal, unghiul de Dwell prea mic Condensatorul are pierderi
		Motorul bate la turaţii mici	Arcurile regulatorului de avans centrifugal sînt slăbite sau un arc este rupt
		Motorul bate la turaţii mari	Avans la aprindere prea mare Regulatorul de avans prin depresiune prost reglat (dereglat) Arcul de rapel al membranei regulatorului vacuumatic slăbit sau rupt
		Motorul încălzeşte prea tare cu clapeta regulatorului de gaze parţial închisă	Întîrziere la aprindere, datorată unui defect al regulatorului vacuumatic
		Motorul bate la orice regim	Avans prea mare la aprindere Regulatorul octanic dereglat Utilizarea unui carburant mai antidetonant
	Aprinderea de la magnetou	Motorul nu porneşte	Fişe de înaltă tensiune căzute Pîrghia ruptorului blocată pe bolţ Pintenul ciocănelului ruptor prea uzat Contactele nu se deschid

Tabelul 16.1 (continuare)

4	5	6
Se verifică condensatorul cu puntea *RLC*	Se schimbă condensatorul	
Se controlează tensiunea arcului	Se reglează presiunea arcului Eventual se schimbă Se curăţă şi se unge	
Se măsoară unghiul de camă cu Dwellmetru	Se schimbă axul sau bucşele	
Se verifică condensatorul cu puntea *RLC*	Se schimbă condensatorul	
Se controlează presiunea arcurilor	Se vor înlocui arcurile	
Se controlează cu stroboscopul şi Dwellmetrul gradat special Se detaşează distribuitorul de pe motor şi se controlează pe banc special	Se cercetează unghiul de avans prin răsucirea corpului distribuitorului Se reglează regulatorul vacuumatic, se înlocuieşte axul	
Se controlează conductele de legătură între regulator şi tubul de admisie Se va verifica etanşeitatea membranei	Eventual se va reînoi membrana	
Se reglează aprinderea (avansul) cu ajutorul lampei cu neon, faţă de reperul de pe volant		
	Se repun fişele căzute	
Se controlează cu mîna	Se demontează, se curăţă, se unge	
Control cu lampa de probă pusă în paralel cu contactele	Se înlocuieşte subansamblul contact mobil	

0	1	2	3
			Contactele ruptorului perlate puternic Perla distribuitorului uzată sau spartă Scurtcircuit datorat străpungerii condensatorului
Sistemul de iluminat	Farurile	Unul din faruri nu se aprinde	Becul cu filament rupt Racordul lămpii desprins ca urmare a solicitării la vibrație Contacte foarte oxidate
		Nici unul din faruri nu se aprinde	Întreruptor defect Siguranță arsă Contactele limitatorului de curent perlate Cablu defect
		Iluminatul de încrucișare funcționează însă cel de parcurs (faza mare) nu, sau invers	Unul din filamente este rupt Întreruptorul *Cod* (fază mică) defect
	Lămpile de semnalizare	Lămpile de stop nu se aprind sau nu se sting	La un întreruptor mecanic, arcul este rupt sau tija de tracțiune desprinsă Întreruptorul hidraulic defect
		Una din lămpile de semnalizare viraj nu clipește	Becul ars Contact defect la : — întreruptor — contactele lămpii
		Nici una din lămpile de semnalizare stînga sau dreapta nu clipește	Releul de semnalizare defect Întreruptorul defect

Tabelul 16.1 (continuare)

4	5	6
Se măsoară rezistențele de contact	Se curăță contactele cu o pilă Se înlocuiește peria defectă	
Se controlează condensatorul	Se schimbă condensatorul în cazul în care acesta este neîncorporat în bobină	
Se scoate becul și se controlează direct la baterie	Se înlocuiește becul	
Se controlează continuitatea	Se repară racordul	
Vizual	Se curăță contactele	
Se scurtcircuitează întreruptorul	Se înlocuiește întreruptorul	
Se scurtcircuitează siguranța	Se înlocuiește siguranța	
Se surtcircuitează bornele limitatorului de intensitate	Se curăță contactele	
Se verifică continuitatea cablului	Se pune un cablu nou	
Se scoate becul și se controlează la baterie	Se înlocuiește becul	
După ce se deconectează cablurile spre far, se controlează cu lampa sau voltmetrul dacă există tensiune între contact și masă	Se înlocuiește întreruptorul defect	
Se verifică dacă becurile sînt în bună stare sau dacă legăturile sînt bune	Se înlocuiește întreruptorul stop, defect	
Lampa martor clipește cu o frecvență anormală	Se înlocuiește becul ars Se restabilește contactul corect prin — înlocuirea întreruptorului — curățirea contactelor	*Atenție* Se vor evita manevre care duc la scurtcircuitarea bornelor releului de semnalizare la masă
Lampa martor nu pulsionează	Se înlocuiește întreruptorul	
Se scurtcircuitează întreruptorul	Se înlocuiește întreruptorul defect	

0	1	2	3
		Lampa martor R S nu clipește, se aude țăcănitul contactelor martorului	Becul lămpii martor ars
Sistemul de avertizare	Avertizorul sonor (claxonul)	Avertizorul sonor nu funcționează	Întreruptorul defect Releul avertizorului defect Conexiunile bobinei sînt rupte datorită vibrațiilor Șurub de reglaj deșurubat și deplasat datorită vibrațiilor Contacte sudate
		Avertiz rul funcționează în mod neregulat	Contacte defecte la ruptor sau întreruptor Contacte nestrînse sau oxidate Cablu defect
Sistemul de măsurat	Aparate electromagnetice	Indicatorul nu funcționează sau indică inexact	Defectul poate fi : — la traductor — la indicatorul de pe tabloul de bord
			La cablajul de conexiune
	Aparate electrotermice (cu bimetal) Termometru Manometru Indicator nivel combustibil Voltmetru	Idem	Idem

Tabelul 16.1 (continuare)

4	5	6
Se scoate becul şi se controlează la baterie	Se înlocuieşte becul ars	
Scurtcircuitarea contactelor Scurtcircuitarea releului	Se înlocuieşte întreruptorul Se controlează releul	Pentru avertizoare optice vezi mai sus lămpile de semnalizare
Se demontează avertizorul şi se controlează	Se demontează şi se studiază conexiunile	
Acul ampermetrului nu deviază	Se reglează din nou cu şurubul de reglaj	
Ampermetrul indică continuu descărcarea	Se curăţă contactele, eventual se înlocuiesc	
Se vor examina pe rînd claxonul, întreruptorul Idem Idem	Se curăţă, eventual se înlocuiesc contacte Se curăţă şi se string contactele Se încearcă direct avertizorul la baterie	
Se desface legătura la traductor şi se controlează cu ohmmetrul Se desface legătura la indicator, şi se controlează cu ohmmetru bobinele aparatului	Se înlocuieşte traductorul Se înlocuieşte indicatorul	
Se controlează continuitatea circuitului cu lampa de probă sau ohmmetrul Se mai verifică şi căderile de tensiune la legături	Se repară cablul defect Se curăţă contactele şi conexiunile	
controlează cu un milimpermetru pulsaţiile tractorului desface legătura la indicator şi se măsoară rezistenţa înfăşurării rezistive de pe bimetal Se controlează continuitatea circuitului Se verifică calitatea conexiunilor	Se înlocuieşte traductorul Se înlocuieşte indicatorul Se repară cablul defect Se curăţă contactele şi se verifică conexiunile	

BIBLIOGRAFIE

1. *Cristea, M.*, **Echipament electric pentru automobile**, București, Editura didactică și pedagogică, 1962.
2. *Fransua, A., Raicu, V. V.*, **Echipamentul electric al automobilelor**, București, Editura tehnică, 1966.
3. *Piron, N.* și *Blanckaert, L.*, **Equipement électrique**. 5-e edition, Paris, Dunod, 1966.
4. *Adobbati, N., Allaria, E., Gambini, A.*, **Il libro dell'ellettrauto**, Ed. 2, Milano, Editore Ulrico Hoepli, 1962.
5. *Autoren Kollektiv — Richter*, **Die elektrische Anlage des Kraftfahrzeuges**, Berlin, VEB Verlag Tcchnik, 1962.
6. *Kierdorf, B.*, **Praxis der autoelektrik**, Band 1—5, 3 Auflage, Krafthand Verlag Band Wörishofen.
7. *Crouse, W. H.*, **Automotive electrical equipment**, 5 Ed., New York, McGraw-Hill, Book Company Inc, 1959.
8. *Galkin, I. M.*, **Elektrooborudovanie automobilei i traktorov**, Ed. II, Moskva, Maşghiz, 1967.
9. *Larionov, A. II., i dr. Osnovi* **Elektrooborudovanie samoletov i avtomaşin**, Moskva, Gosenergoizdat, 1955.
10. *Aloian, K. M., Kaminskii, Ia, N.*, **Elektrooborudovanie avtobuzov**, Kiev, Editura Tehnika, 1967.
11. *Mittag, H.*, **Elektronic im Auto.** In: ATZ nr. 9, sept. 1963, pag. 265—268.
12. *Trifu, Gh.*, **Fabricaţia de echipament electric pentru autovehicule şi perspectivele în acest domeniu.** În: Electrotehnica 17, nr. 7—8, iulie-august, 1969, pag. 322—328.
13. *Clondescu, G.*, **Exploatarea şi repararea acumulatoarelor electrice**, București, Editura tehnică, 1963.
14. *Vinal, G. W.*, **Storage Batteries**. 4 Ed., New York, John Willey and Sons Inc., 1955.
15. *Gory, G.*, **Connaissance des alternateurs d'automobile** (3 Ed.), Paris, Editions Semis, 1967.
16. *Mennecier, J.*, **L'alternateur pour automobile.** În: Ingènieurs de l'automobile (SIA), XL, Nr. 3, Martie 1967, pag. 135—143.
17. *Bürkle, E.*, **Startermaschine für Verbrennungsmotoren.** În: ETZ-B, 1961, Heft 4.
18. *Popa, B., Sandor, L., Nagy, G., Simedrea, I.*, **Bujia**, București, Editura tehnică, 1962.
19. *Gory, G.*, **Connaissance de l'allumage électronique**, Paris, Editions Semis, 1968.
20. *Brice Ward*, **Transistor Ignition Systems Handbook**, Indianopolis, Howard W. Sams a Co. INC, 1963.
21. *Glezer, G, N., Oparin, I. M., Heiman, E. L.*, **Electronîe sistemî zajiganiia avtomobilei**, Moskva, Izd. Maşinostroenia, 1967.
22. *Balagurov, V. A.*, **Aparati zajiganiia**, Moskva, Izd. Maşinostroenie, 1968.
23. *Höhne, G.*, **Elektronische Zündsysteme für Ottomotoren.** În: ATZ. 70, nr. 3, martie 1968, pag. 98.
24. *Beesch, O.*, **Entwicklungsprobleme bei Zündkerzen für Hochleistungsmotoren.** În: ATZ, nr. 12, 1968, pag. 420—424.
25. *Lindae, G.*, **Einige Möglichkeiten zur Verbesserung des Abendlichtes.** În: ATZ, 69, nr. 7, 1971, pag. 225—230.

26. *Popov, V. A.*, **Avtotractornîe pribori**. 4-izd. Moskva, Maşghiz, 1960.
27. *Bîrzescu, Alex.*, **Aparate indicatoare de presiune şi temperatură pentru echipamentul auto de tipul cu impulsuri. Termometrul de tip cu impulsuri.** În : Electrotehnica 4, nr. 1, 1956, pag. 29—36.
28. *Kieffert*, **Les appareils de tableau de bord.** În : Ingénieurs de l'automobile (Journal de la SIA) 38 Anée, nr. 4, apr. 1964, pag. 203.
29. *Keck, A.*, **Bordinstrumente im Kraftfahrzeug Feinwerktehnik**, 1964.
30. * * * **Vehicle instrumentation**. The latest developments by Smiths Industries Ltd. În : Automobile Engineer, vol. 56, nr. 4, apr., 1966, pag. 133.
31. *Popa, A.*, **Aparataj electric**, Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1964.
32. *Stanomir, A.*, **Electroacustică**, Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1968.
33. *Kaspas*, **Termobimetalle in der Elektrotechnik**, Berlin, VEB Verlag Technik.

Bun de tipar: 2.06.1972 Coli de tipar 30,50+planşe: 2
Tiraj: 3150+140 exemplare legale C.Z. 629.113.066

Întreprinderea poligrafică „Informaţia"
Str. Brezoianu (nr: 23—25) Bucureşti
Republica Socialistă România